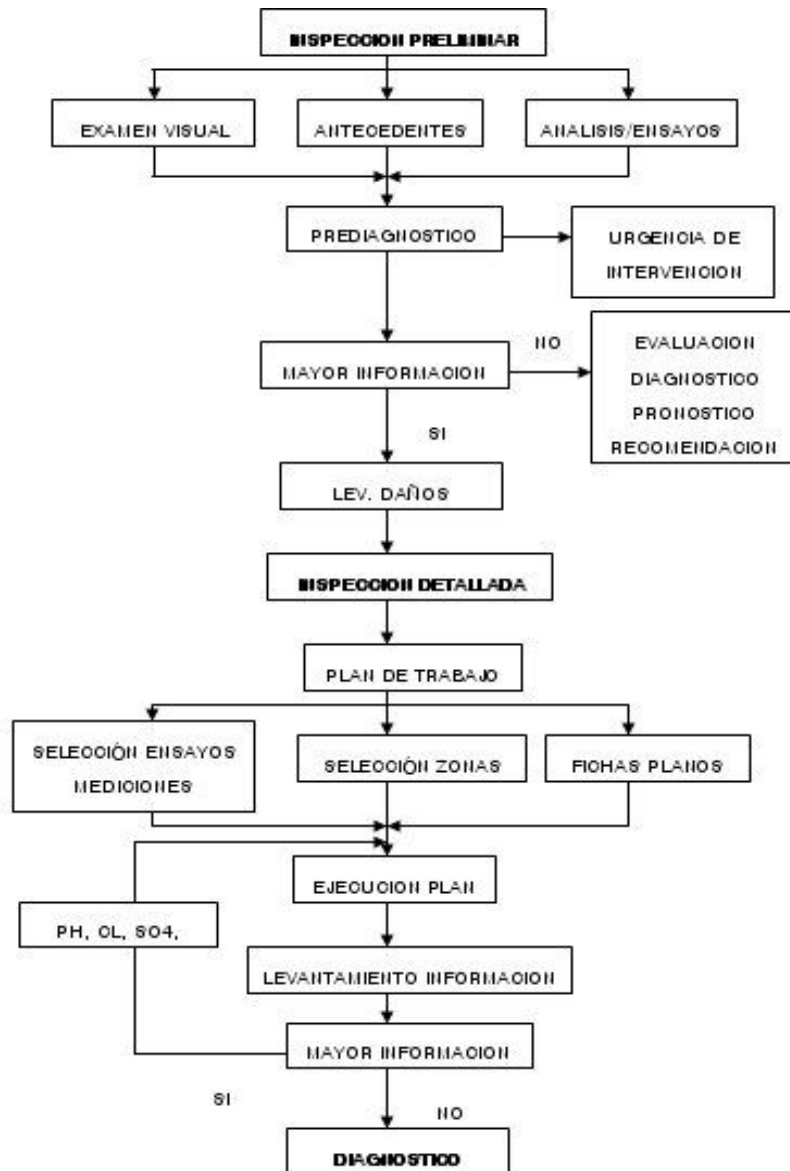


		INDICE
DATOS DEL INFORME PRELIMINAR DE LA EUAT		4/58
DATOS DEL EDIFICIO		
DATOS DE LA PROPIEDAD		
DATOS DEL TECNICO INSPECTOR		
1. ANTECEDENTES		6/58
DESCRIPCION DE LA ESTRUCTURA		
DESCRIPCION DE LA AGRESIVIDAD DEL MEDIO		
2. RESULTADOS DE LA INSPECCION VISUAL		8/58
3. ANALISIS DEL PROBLEMA		37/58
4. CONCLUSIONES		38/58
5. PLAN DE TRABAJO		39/58
ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS: DETERMINACION DEL INDICE DE REBOTE		
ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS: ULTRASONIDOS		
ENSAYOS DESTRUCTIVOS: EXTRACCION Y ROTURA DE PROBETAS TESTIGO		
ENSAYOS DESTRUCTIVOS: PROFUNDIDAD DE CARBONATACION		
6. PROPUESTA DE REPARACION		53/58
REPARACION TRADICIONAL DE LA ESTRUCTURA		
ALTERNATIVA A LA REPARACION TRADICIONAL DE LA ESTRUCTURA: SISTEMA GALVASHIELD XP		
REIMPERMEABILIZACION DE LA CUBIERTA		

INTRODUCCION

La inspección y evaluación de estructuras de hormigón armado es un trabajo que combina elementos de diseño estructural, construcción y tecnología de materiales, e incluye aspectos de durabilidad, seguridad y comportamiento en servicio. El nivel de detalle requerido en el estudio puede variar, desde la simple valoración de la superficie estructural y funcional, hasta una profunda investigación y procedimiento de evaluación que combina técnicas especiales de inspección y ensayos. En el siguiente diagrama de flujos se observan las posibles actividades a realizar, ya que no todas son obligatorias dependiendo de cada caso:



La inspección preliminar permite tener una idea general del contexto en el que se desenvuelve la estructura. Consiste en la realización de una inspección visual y unos ensayos básicos: profundidad de carbonatación, presencia de cloruros, pérdida de acero, etc. Por el contrario la inspección detallada tiene como objetivo completar la inspección rutinaria cuando sea necesario con la realización de otros ensayos para evaluar la estructura, predecir su vida de servicio y su capacidad de carga. En este capítulo se explicara la elaboración de un informe o inspección preliminar de una estructura de hormigón armado siguiendo los siguientes pasos:

1. Antecedentes: Descripción breve de quien es el peticionario, cual es el problema a estudiar y describir la situación y definición de la construcción, descripción de los técnicos que la realizan.
2. Resultado de la Inspección: Datos recogidos en la inspección. Las fotografías tomadas así como los croquis realizados formarán fichas para facilitar la consulta de las mismas.
3. Análisis del problema: Razonamiento que el técnico realiza para pasar de la información disponible al diagnóstico y a las conclusiones. Si dicho razonamiento aporta cálculos y no son muy extensos se incluyen en este apartado, de lo contrario se pasarán a un anexo.
4. Conclusiones: Con base a lo anterior se establece un apartado independiente destinado a las conclusiones. Dado el carácter preliminar del documento es razonable que limite la rotundidad en las conclusiones. Pero eso no signifique que limite su claridad, estableciendo por tanto si es preciso pasar a la siguiente etapa del proceso de investigación. En caso de duda se puede proponer la realización de diagnósticos alternativos.
5. Plan de actuación: Generalmente el Informe preliminar no cierra el tema (en aisladas ocasiones puede hacerlo) sino que es un paso obligado para centrar correctamente la investigación. Por tanto usualmente se cierra con un plan de actuación que contemplará:
 - Ensayos necesarios: pueden ser muy variados. Sondeos, ensayos de hormigón y acero, ensayos geotécnicos, pruebas de carga, mediciones en obra, etc.
 - Adquisición de información complementaria: levantamiento de planos, determinación del número y diámetro de armaduras, recubrimientos, etc.
 - Realización de cálculos.
 - Redacción del informe definitivo.
6. Propuesta de reparación: Una vez definido los daños y la gravedad de los mismos, se procede a plantear una propuesta de reparación cuyo objetivo será eliminar la causa del daño y posteriormente intervenir de forma que la generación de nuevos deterioros quede prevenida.

DATOS DEL INFORME PRELIMINAR DE LA EUAT			
DATOS DEL EDIFICIO			
EMPLAZAMIENTO: A Zapateira (A Coruña)			CP: 15001
USO DOMINANTE: Escuela Universitaria			
FECHA CONSTRUCCION: 1974		FECHA REHABILITACION INTEGRAL:	
SUPF. PARCELA: ±3650,00 m	PLANTA S. RASANTE: 3	PLANTA B. RASANTE: 1	
SUPF. PLANTA TIPO: ±2000,00 m	SUPF. T. CONSTRUIDA: ±8000,00 m	ALTURA INMUEBLE: 17,50 m	
DATOS DE LA PROPIEDAD			
TITULARIDAD:			NIF:
DIRECCION:			TELEFONO:
REGIMEN JURIDICO:			
REPRESENTANTE:		EN CALIDAD DE:	
NIF:	DIRECCION:		CP:
TLFN.:	FAX:	E-MAIL:	
DATOS DEL TECNICO INSPECTOR			
TECNICO ENCARGADO: Porto Quintián, Jesús			NIF: 34049484P
DIRECCION: Retorta 1-3, 2º Dcha. Ferrol (A Coruña)			CP: 15404
TELEFONO: 657202833	E-MAIL: bbdouglas@lycos.es		
TITULACION: Arquitecto Técnico	COLEGIO PROF.:	Nº COLEGIADO:	
ACTUACION: Designado por la propiedad			

Una vez inspeccionado el edificio consignado, el Técnico firmante DICTAMINA que sus condiciones de estabilidad, seguridad, estanqueidad y consolidación son (Art. 200 Ley 9/02 de Ordenación Urbanística y Protección del Medio Rural de Galicia).

	FAVORABLE		
	DESFAVORABLE	A SUBSANAR: Estado general de la estructura y cimentación	
A Coruña____de_____de 20__		El Técnico Inspector	La Propiedad

1. ANTECEDENTES

DESCRIPCION DE LA ESTRUCTURA

DESCRIPCION HISTORICA: La Escuela Universitaria de Arquitectura Técnica fue construida y puesta en servicio en 1974 por la empresa Cubiertas MZOV. Bajo la dirección de los arquitectos Ucha, Laguna y Castañón; la promoción fue llevada a cabo por la Fundación Pedro Barrie de la Maza en convenio con el Ministerio de Cultura, Educación y Transportes con el fin de sustituir las antiguas instalaciones que se encontraban en el área de Riazor.

DESCRIPCION BASICA DE LOS COMPONENTES: Estructura de hormigón armado formada por cimentación de zapatas aisladas arriostradas, pilares rectangulares y forjados bidireccionales reticulares con casetones recuperables, y encuentro con pilares mediante ábacos para evitar el punzonamiento. La cubierta resuelta por sistema de lámina de pvc vista, adherida al soporte con protección ligera a base de pintura y antepecho idéntico al de las terrazas.

FECHA CONSTRUCCION: 1974

FECHA PUESTA EN SERVICIO: 1974

ANOMALIAS: En algunos elementos estructurales se observaron pequeñas muestras de corrosión de las armaduras, caída de los recubrimientos y en algunos casos signos claros de carbonatación.

MANTENIMIENTO: Se ha realizado el mantenimiento periódico establecido en estructura, cubierta, juntas.

REPARACIONES: Se realizaron algunas reparaciones puntuales sin importancia pero nunca que afectasen a la estructura (Ej.: parcheos, etc).

VISTA GENERAL DEL EDIFICIO:



DESCRIPCION DE LA AGRESIVIDAD DEL MEDIO

AGENTES FISICO-QUIMICOS EN CONTACTO CON LA ESTRUCTURA:

- ATMOSFERA: Rural y marina.
- AGUA: Doméstica.
- SUELO: Natural.

PROPIEDADES FISICAS Y QUIMICAS DEL MEDIO:

- ATMOSFERA:

TEMPERATURAS	
Máxima	19°C
Mínima	10°C
Media	14°C
HUMEDAD	
Máxima	81%
Mínima	76%
Media	80%
PRECIPITACIONES	
Máxima	140 l/m ²
Mínima	25 l/m ²
Media anual	+1000 l/m ²

- AGUA: No existe constancia de agresividad en el agua.
- SUELO: No existe constancia de agresividad en el terreno.

CROQUIS DE UBICACIÓN, ORIENTACION Y DIRECCION DEL VIENTO:


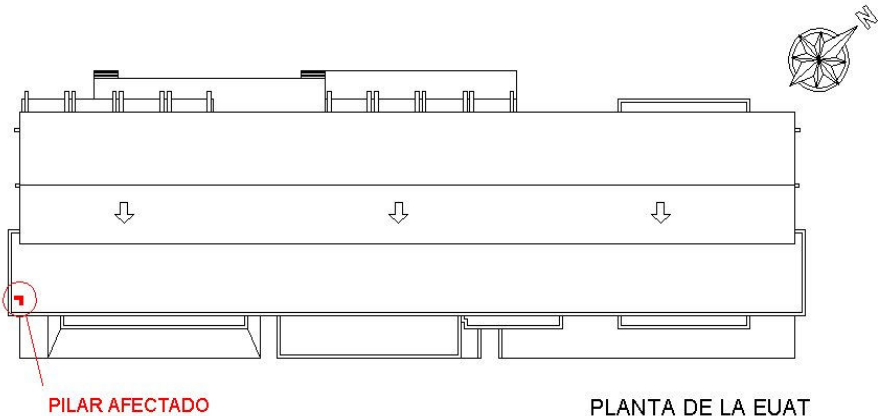


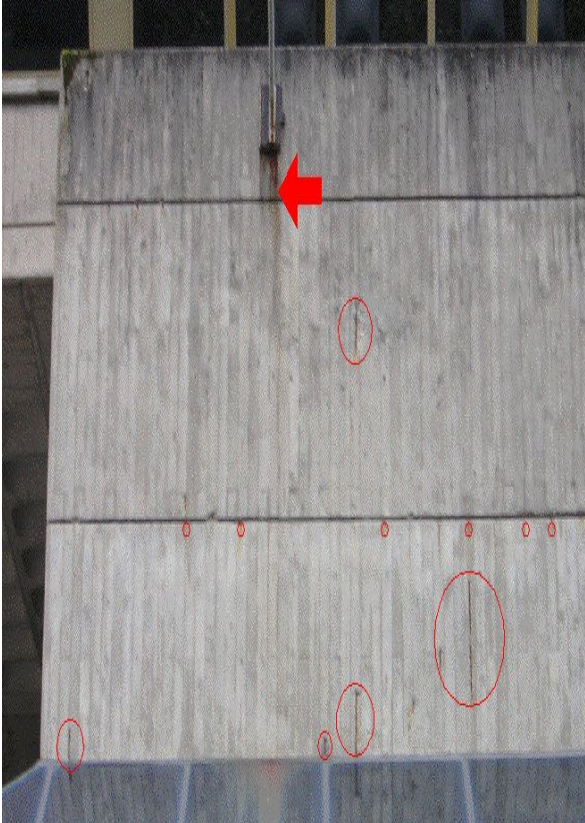
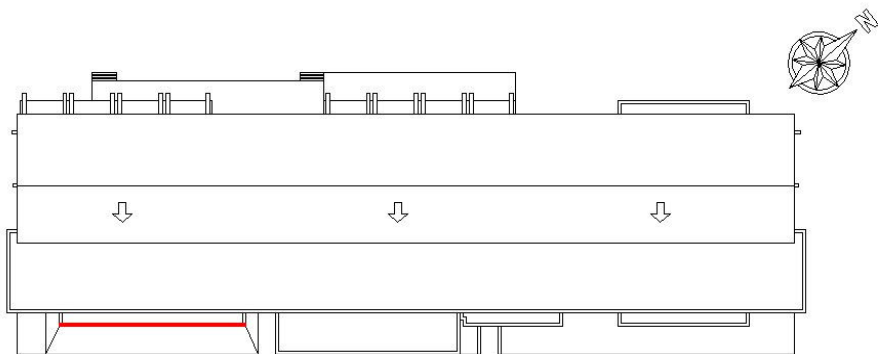
SITUACION	
Latitud	43°22'
Longitud	8°24'
Altitud	26,50 m


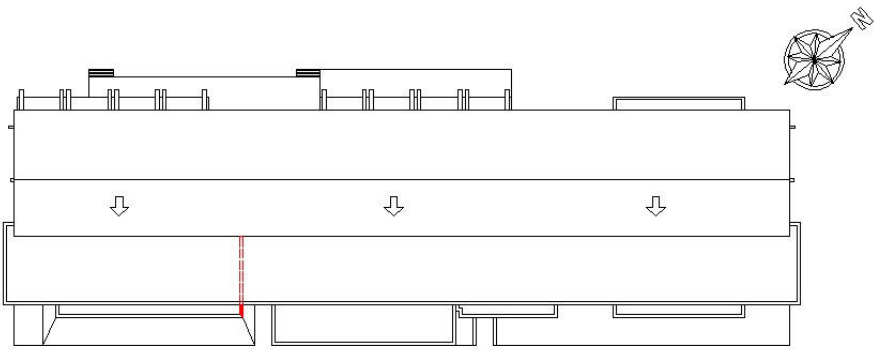
VIENTOS	
Invierno	SW y NE
Verano	N

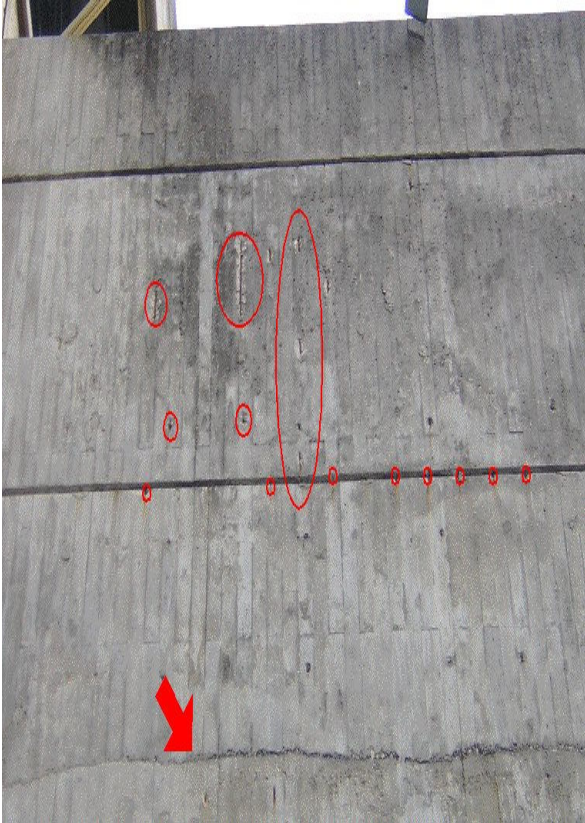
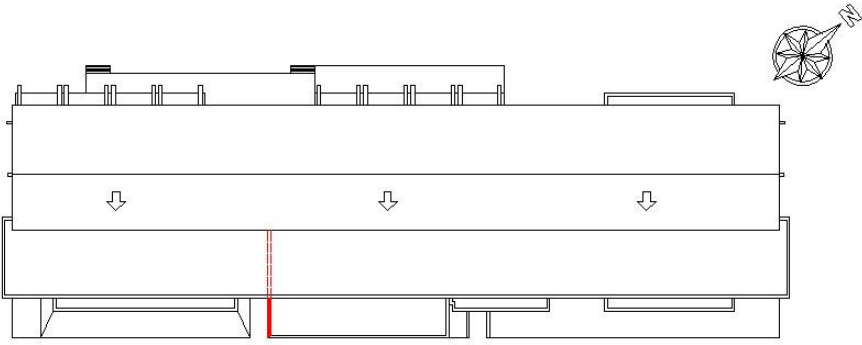
2. RESULTADOS DE LA INSPECCION VISUAL



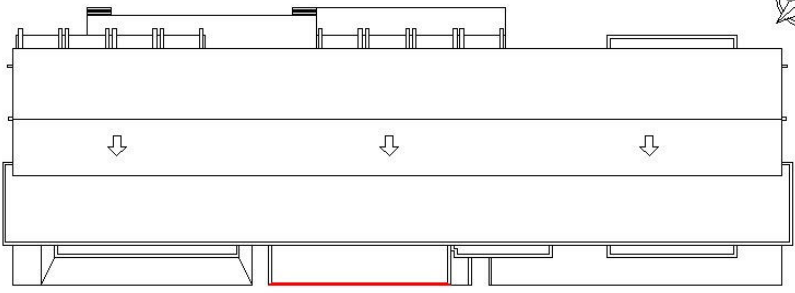
Con el objetivo de determinar la extensión de la sintomatología observada se realiza la inspección visual. Se comenzará la inspección por la fachada principal y se avanzará en el sentido contrario a las agujas del reloj. El objetivo de la inspección es la de tener una visión del estado actual de la estructura, como fisuras, desconchados, eflorescencias, humedades, etc., pero sin entrar en una valoración cuantitativa ya que esto se realizará, en el caso de que se establezca necesario, mediante la ejecución de ensayos preceptivos (cloruros, carbonatación, fisuración, etc.) y que quedarán definidos en el plan de actuación de este informe preliminar. Toda la información fotográfica recogida durante la inspección visual queda resumida en las siguientes fichas que describen las patologías observadas en los distintos elementos que forman la estructura.

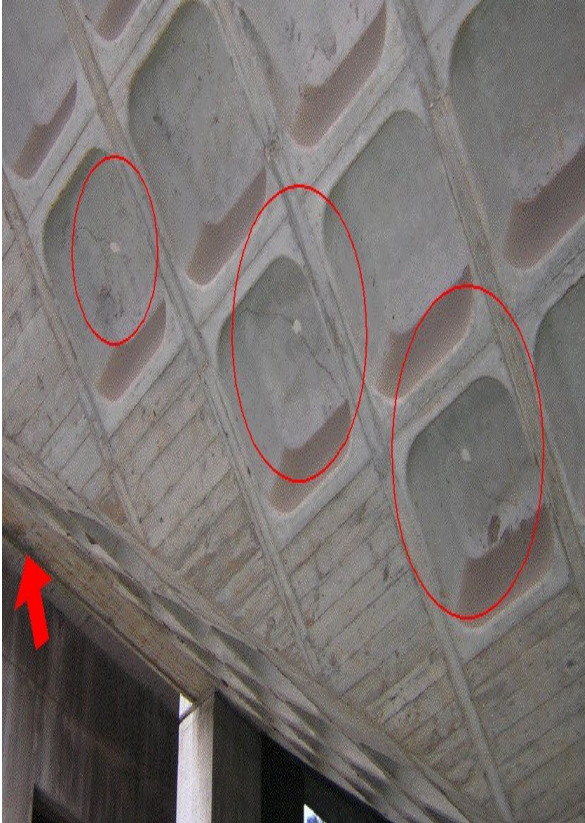
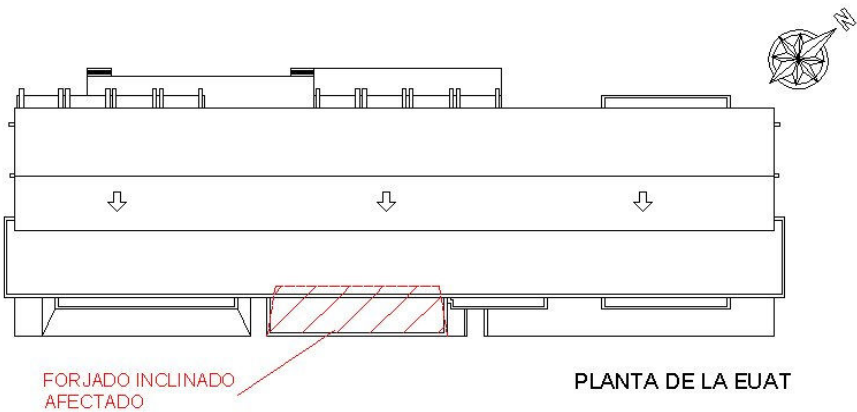
ELEMENTO AFECTADO: Pilar	FECHA DE INSPECCION: 12/X/05
UBICACION: Esquina de fachada principal con fachada lateral izquierda	ORIENTACION: SE-SW
DAÑO: Corrosión de las armaduras y caída de los recubrimientos	
<p>FOTOGRAFIA:</p> 	<p>PREDIAGNOSTICO DE LOS DAÑOS:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Corrosión de las armaduras transversales con caída de los recubrimientos en todas las caras del pilar. • Manchas de oxido en las proximidades de las barras afectadas. • Se aprecia una pérdida de sección de las armaduras afectadas de corrosión. <p>POSIBLES CAUSAS:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Deficiente ejecución de los recubrimientos por ausencia de separadores. • En una de las caras la corrosión ha sido provocada por la mala disposición del berenjeno al ser hormigonado y no haber tenido en cuenta la posición del cerco.
<p>CROQUIS DE LOCALIZACION DE LOS DAÑOS:</p>  <p style="text-align: center;">PLANTA DE LA EUAT</p>	
<p>POSIBLES ENSAYOS A REALIZAR:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Espesor de recubrimiento. • Pérdida de sección de armaduras. • Contenido de cloruros. 	


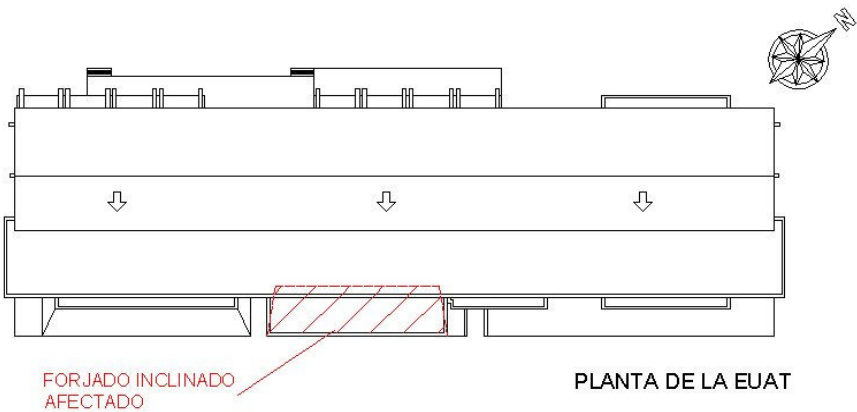
ELEMENTO AFECTADO: Paramento vertical		FECHA DE INSPECCION: 12/X/05
UBICACION: Fachada principal		ORIENTACION: SE
DAÑO: Corrosión de las armaduras, caída de los recubrimientos, y oxidación de elementos metálicos		
FOTOGRAFIA: 	PREDIAGNOSTICO DE LOS DAÑOS: <ul style="list-style-type: none"> • Corrosión de las armaduras longitudinales con caída de los recubrimientos en la cara del muro. • No se aprecia una pérdida excesiva de sección de las armaduras afectadas de corrosión. • Oxidación en las proximidades de las barras afectadas; y en los elementos metálicos procedentes del forjado y del soporte de la farola. • Depósitos de suciedad en la parte superior de los antepechos de la cubierta. 	
	POSIBLES CAUSAS: <ul style="list-style-type: none"> • Deficiente ejecución de los recubrimientos por ausencia de separadores. • No eliminar los elementos metálicos de los encofrados del muro. • Incorrecta elección de los soportes de las farolas. 	
CROQUIS DE LOCALIZACION DE LOS DAÑOS: 		
POSIBLES ENSAYOS A REALIZAR: <ul style="list-style-type: none"> • Espesor de recubrimiento. • Pérdida de sección de armaduras. • Contenido de cloruros. 		

ELEMENTO AFECTADO: Paramento vertical	FECHA DE INSPECCION: 12/X/05
UBICACION: Lateral derecho (zona comedor) de la fachada principal	ORIENTACION: SE
DAÑO: Carbonatación del hormigón y roturas del hormigón	
FOTOGRAFIA: 	PREDIAGNOSTICO DE LOS DAÑOS: <ul style="list-style-type: none"> • Carbonatación del hormigón en la zona de la junta de dilatación. Las sales carbonatadas han descendido por la fachada ensuciando la zona acristalada del comedor de la planta inferior. • Gran desconchado en la superficie del hormigón. • No se aprecia a simple vista que estas dos patologías hayan afectado a las armaduras. • Corrosión, pero en menor medida que en la fachada principal. POSIBLES CAUSAS: <ul style="list-style-type: none"> • Hormigón mal ejecutado. La porosidad ha permitido que el CO_2 penetre y reaccione dando $CaCO_3$, muy expansivo, que provoca la rotura del hormigón y la corrosión de las armaduras. • Sobrecargas, contracciones o algún golpe durante la ejecución pudieron provocar el desconchado.
CROQUIS DE LOCALIZACION DE LOS DAÑOS:  <p style="text-align: center;"> PARAMENTO AFECTADO PLANTA DE LA EUAT </p>	
POSIBLES ENSAYOS A REALIZAR: <ul style="list-style-type: none"> • Profundidad de carbonatación. 	


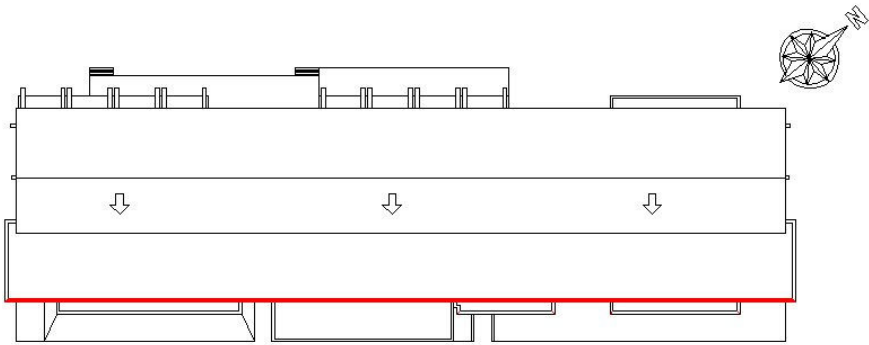
ELEMENTO AFECTADO: Paramento vertical		FECHA DE INSPECCION: 12/X/05
UBICACION: Lateral izquierdo (zona aula magna) de la fachada principal		ORIENTACION: SE
DAÑO: Corrosión de las armaduras, caída de los recubrimientos y fisuración horizontal		
FOTOGRAFIA: 	PREDIAGNOSTICO DE LOS DAÑOS: <ul style="list-style-type: none"> • Corrosión de las armaduras longitudinales con caída de los recubrimientos en la cara del muro. • No se aprecia una pérdida excesiva de sección de las armaduras afectadas de corrosión. • Manchas de oxido en las proximidades de las barras afectadas; y oxidación de los elementos metálicos procedentes del encofrado y posterior manchado de la superficie. • Fisuración horizontal en el encuentro del forjado con el paramento vertical. 	
	POSIBLES CAUSAS: <ul style="list-style-type: none"> • Deficiente ejecución de los recubrimientos por ausencia de separadores. • No eliminar los elementos metálicos de los encofrados del muro. • La fisuración horizontal pudo ser causada por la falta de puente de unión entre muro y forjado. 	
CROQUIS DE LOCALIZACION DE LOS DAÑOS: 		
POSIBLES ENSAYOS A REALIZAR: <ul style="list-style-type: none"> • Espesor de recubrimiento. • Pérdida de sección de armaduras. • Contenido de cloruros. 		

ELEMENTO AFECTADO: Paramento vertical		FECHA DE INSPECCION: 12/X/05
UBICACION: Fachada principal (zona aula magna)		ORIENTACION: SE
DAÑO: Corrosión de las armaduras, caída de los recubrimientos y fisuración horizontal		
FOTOGRAFIA: 	PREDIAGNOSTICO DE LOS DAÑOS: <ul style="list-style-type: none"> • Corrosión de las armaduras longitudinales con caída de los recubrimientos en la cara del muro. • No se aprecia una pérdida excesiva de sección de las armaduras afectadas de corrosión. • Manchas de oxido en las proximidades de las barras afectadas; y oxidación de los elementos metálicos procedentes del encofrado y posterior manchado de la superficie. • Fisuración horizontal en el encuentro del forjado con el paramento vertical. 	
	POSIBLES CAUSAS: <ul style="list-style-type: none"> • Deficiente ejecución de los recubrimientos por ausencia de separadores. • No eliminar los elementos metálicos de los encofrados del muro. • La fisuración horizontal pudo ser causada por la falta de puente de unión entre muro y forjado. 	
CROQUIS DE LOCALIZACION DE LOS DAÑOS: <div style="text-align: right; margin-right: 50px;">  </div>  <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 10px;"> PARAMENTO AFECTADO PLANTA DE LA EUAT </div>		
POSIBLES ENSAYOS A REALIZAR: <ul style="list-style-type: none"> • Espesor de recubrimiento. • Pérdida de sección de armaduras. • Contenido de cloruros. 		


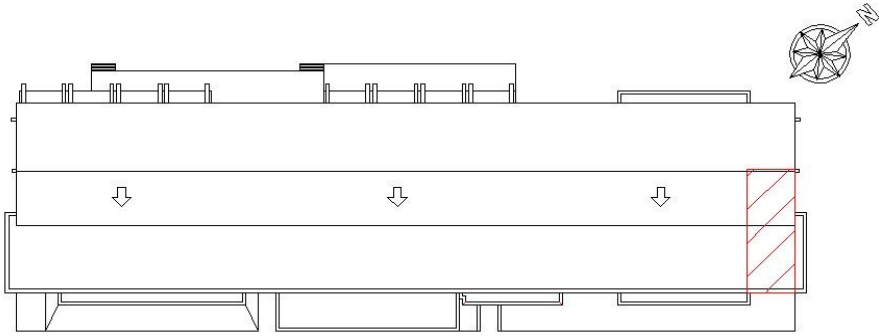
ELEMENTO AFECTADO: Forjado inclinado		FECHA DE INSPECCION: 12/X/05
UBICACION: Forjado de la fachada principal (zona aula magna)		ORIENTACION: SE
DAÑO: Fisuración y manchas de óxido		
FOTOGRAFIA: 		PREDIAGNOSTICO DE LOS DAÑOS: <ul style="list-style-type: none"> • Fisuración longitudinal paralela al vértice (en ambos vértices del forjado), aproximadamente a 1,00 m de este. Se sitúa en los casetones y no afecta a los ábacos. • Manchas de óxido en los extremos en la parte inferior de los muros laterales al encontrarse con el forjado.
		POSIBLES CAUSAS: <ul style="list-style-type: none"> • Las fisuras pueden ser causadas por las cargas que soporta el forjado en las aristas, producidas seguramente por la falta de armadura para absorber dichos esfuerzos.
CROQUIS DE LOCALIZACION DE LOS DAÑOS: 		
POSIBLES ENSAYOS A REALIZAR: <ul style="list-style-type: none"> • Evaluación de la fisuración. 		


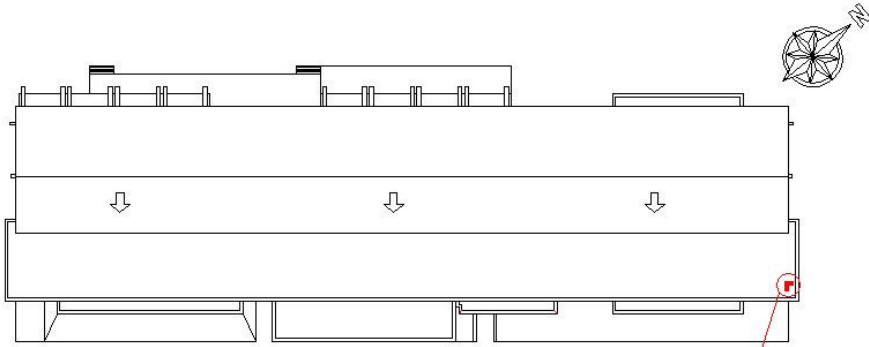
ELEMENTO AFECTADO: Forjado inclinado		FECHA DE INSPECCION: 12/X/05
UBICACION: Forjado de la fachada principal (zona aula magna)		ORIENTACION: SE
DAÑO: Humedades e inicio de la corrosión de la armadura		
FOTOGRAFIA: 	PREDIAGNOSTICO DE LOS DAÑOS: <ul style="list-style-type: none"> • Filtración de agua a través de la masa del material o de sus juntas. • Aparición de eflorescencias en la superficie del hormigón en forma de costra blanca. • Inicio de la corrosión del armado del forjado en las zonas donde el hormigón ha desaparecido. 	
	POSIBLES CAUSAS: <ul style="list-style-type: none"> • La lixiviación de hidróxidos, con la formación o no de carbonatos, pudiendo llegar a la formación de sales carbonatadas. • La existencia de una zona ajardinada favorece la presencia de humedad y CO₂ en el ambiente que aceleran la formación de eflorescencias. 	
CROQUIS DE LOCALIZACION DE LOS DAÑOS: 		
POSIBLES ENSAYOS A REALIZAR: <ul style="list-style-type: none"> • Espesor de recubrimiento. • Pérdida de sección de armaduras. • Contenido de cloruros. 		


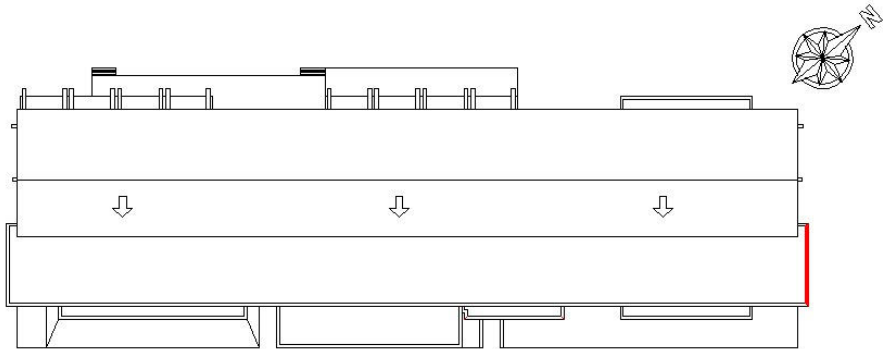
ELEMENTO AFECTADO: Paramento vertical	FECHA DE INSPECCION: 12/X/05
UBICACION: Fachada principal (zona de departamentos)	ORIENTACION: SE
DAÑO: Humedades y corrosión de la armadura	
FOTOGRAFIA: 	PREDIAGNOSTICO DE LOS DAÑOS: <ul style="list-style-type: none"> • Filtración de agua a través de la masa del material o de sus juntas. • Aparición de eflorescencias en la superficie del hormigón en forma de costra blanca. • Corrosión de las armaduras que quedan vistas bajo los casetones. • Depósitos de suciedad en la parte superior de los antepechos del paramento vertical. POSIBLES CAUSAS: <ul style="list-style-type: none"> • La falta de goterón dificulta la evacuación de agua, favoreciendo la formación de depósitos de sales y eflorescencias bajo los antepechos. • Lavado de los compuestos de calcio del hormigón.
CROQUIS DE LOCALIZACION DE LOS DAÑOS:  <p style="text-align: center;">PARAMENTO AFECTADO PLANTA DE LA EUAT</p>	
POSIBLES ENSAYOS A REALIZAR: <ul style="list-style-type: none"> • Espesor de recubrimiento. • Pérdida de sección de armaduras. • Contenido de cloruros. • Profundidad de carbonatación. 	


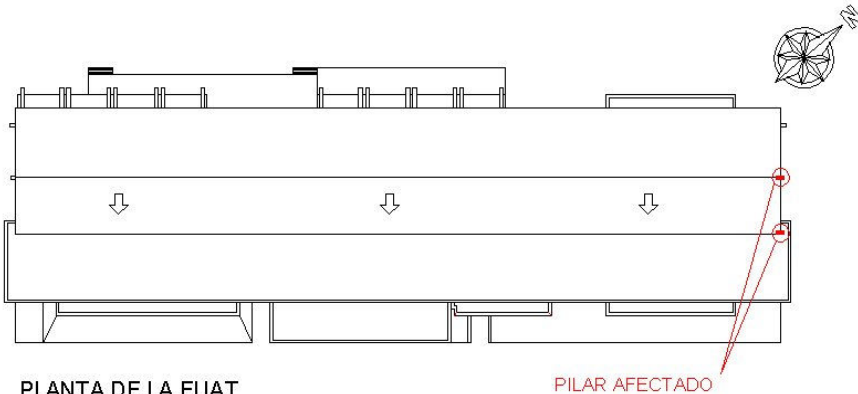
ELEMENTO AFECTADO: Paramento vertical		FECHA DE INSPECCION: 12/X/05
UBICACION: Fachada principal (zona de aula de dibujo)		ORIENTACION: SE
DAÑO: Corrosión de la armadura		
FOTOGRAFIA: 	PREDIAGNOSTICO DE LOS DAÑOS: <ul style="list-style-type: none"> • Corrosión de las armaduras longitudinales con caída de los recubrimientos en la cara exterior del muro. • No se aprecia una pérdida excesiva de sección de las armaduras afectadas de corrosión. • Depósitos de suciedad en la parte superior de los antepechos de la cubierta. 	
	POSIBLES CAUSAS: <ul style="list-style-type: none"> • Deficiente ejecución de los recubrimientos por ausencia de separadores. 	
CROQUIS DE LOCALIZACION DE LOS DAÑOS: 		
POSIBLES ENSAYOS A REALIZAR: <ul style="list-style-type: none"> • Espesor de recubrimiento. • Pérdida de sección de armaduras. • Contenido de cloruros. 		

ELEMENTO AFECTADO: Forjado		FECHA DE INSPECCION: 12/X/05
UBICACION: Forjado de la fachada principal (zona de departamentos)		ORIENTACION: SE
DAÑO: Humedades y corrosión de la armadura		
FOTOGRAFIA: 	PREDIAGNOSTICO DE LOS DAÑOS: <ul style="list-style-type: none"> • Filtración de agua a través de la masa del material o de sus juntas. • Aparición de eflorescencias en la superficie del hormigón en forma de costra blanca. • Corrosión de las armaduras de los casetones. • No se aprecia una pérdida excesiva de sección de las armaduras afectadas de corrosión. 	
	POSIBLES CAUSAS: <ul style="list-style-type: none"> • La falta de goterón dificulta la evacuación de agua, favoreciendo la formación de depósitos de sales y eflorescencias bajo los antepechos. • Lavado de los compuestos de calcio del hormigón. 	
CROQUIS DE LOCALIZACION DE LOS DAÑOS: 		
POSIBLES ENSAYOS A REALIZAR: <ul style="list-style-type: none"> • Espesor de recubrimiento. • Pérdida de sección de armaduras. • Contenido de cloruros. 		

ELEMENTO AFECTADO: Forjado		FECHA DE INSPECCION: 12/X/05
UBICACION: Forjado de la fachada principal (zona de terraza de la planta baja)		ORIENTACION: SE
DAÑO: Desconchados del hormigón y corrosión de la armadura		
FOTOGRAFIA: 	PREDIAGNOSTICO DE LOS DAÑOS: <ul style="list-style-type: none"> • Gran desconchado del hormigón bajo el casetón. • Corrosión de las armaduras que quedan vistas bajo los casetones. • No se aprecia una pérdida excesiva de sección de las armaduras afectadas de corrosión. • En otros casetones del forjado se observa la formación de depósitos de sales o eflorescencias. 	
	POSIBLES CAUSAS: <ul style="list-style-type: none"> • Sobrecargas, contracciones o algún golpe durante la ejecución pudieron provocar el desconchado. • Deficiente ejecución de los recubrimientos por ausencia de separadores. 	
CROQUIS DE LOCALIZACION DE LOS DAÑOS: 		
FORJADO AFECTADO		PLANTA DE LA EUAT
POSIBLES ENSAYOS A REALIZAR: <ul style="list-style-type: none"> • Espesor de recubrimiento. • Pérdida de sección de armaduras. • Contenido de cloruros. 		


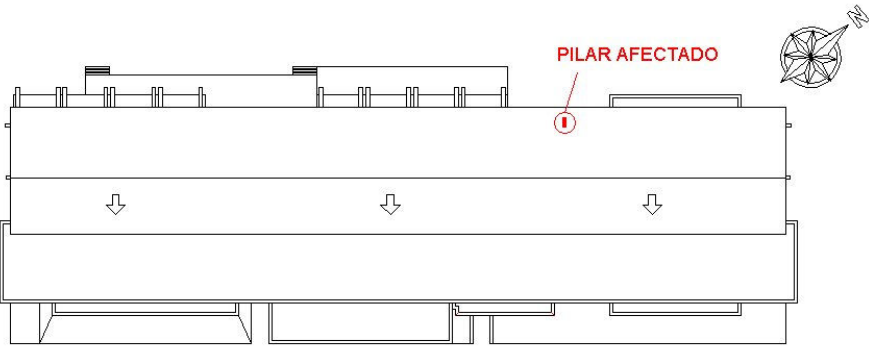
ELEMENTO AFECTADO: Pilar	FECHA DE INSPECCION: 12/X/05
UBICACION: Esquina de fachada principal con fachada lateral derecha	ORIENTACION: SE-NE
DAÑO: Corrosión de la armadura y caída de los recubrimientos	
<p>FOTOGRAFIA:</p> 	<p>PREDIAGNOSTICO DE LOS DAÑOS:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Corrosión de las armaduras transversales con caída de los recubrimientos en una esquina del pilar. • Manchas de oxido en las proximidades de las barras afectadas y oxidación de los elementos metálicos procedentes del encofrado y posterior manchado de la superficie. • Se aprecia una pérdida de sección de las armaduras afectadas de corrosión. <p>POSIBLES CAUSAS:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Deficiente ejecución de los recubrimientos por ausencia de separadores. • No eliminar los elementos metálicos de los encofrados del muro.
<p>CROQUIS DE LOCALIZACION DE LOS DAÑOS:</p>  <p style="text-align: center;">PLANTA DE LA EUAT PILAR AFECTADO</p>	
<p>POSIBLES ENSAYOS A REALIZAR:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Espesor de recubrimiento. • Pérdida de sección de armaduras. • Contenido de cloruros. 	

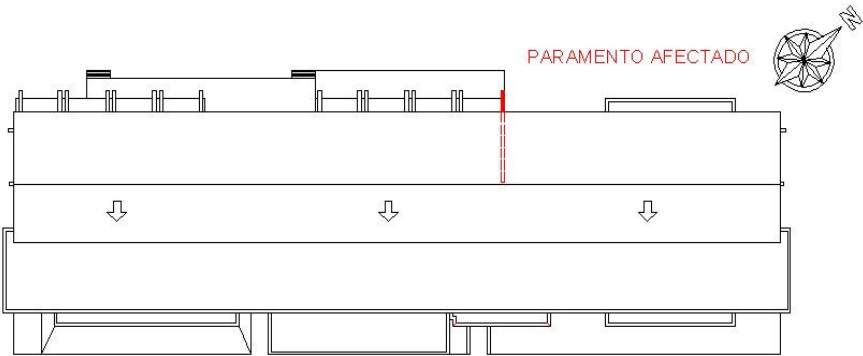
ELEMENTO AFECTADO: Paramentos verticales		FECHA DE INSPECCION: 12/X/05
UBICACION: Fachada lateral derecha		ORIENTACION: NE
DAÑO: Corrosión de la armadura y caída de los recubrimientos		
FOTOGRAFIA: 	PREDIAGNOSTICO DE LOS DAÑOS: <ul style="list-style-type: none"> • Corrosión, muy localizada y en menor medida que la fachada principal, de las armaduras longitudinales con caída de los recubrimientos en la cara exterior del muro. • No se aprecia una pérdida excesiva de sección de las armaduras afectadas de corrosión. 	
	POSIBLES CAUSAS: <ul style="list-style-type: none"> • Deficiente ejecución de los recubrimientos por ausencia de separadores. 	
CROQUIS DE LOCALIZACION DE LOS DAÑOS:  <p style="text-align: center;"> PLANTA DE LA EUAT PILAR AFECTADO </p>		
POSIBLES ENSAYOS A REALIZAR: <ul style="list-style-type: none"> • Espesor de recubrimiento. • Pérdida de sección de armaduras. • Contenido de cloruros. 		

ELEMENTO AFECTADO: Pilares	FECHA DE INSPECCION: 12/X/05
UBICACION: Fachada lateral derecha	ORIENTACION: NE
DAÑO: Corrosión de la armadura y caída de los recubrimientos	
<p>FOTOGRAFIA:</p> 	<p>PREDIAGNOSTICO DE LOS DAÑOS:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Corrosión de las armaduras transversales con caída de los recubrimientos en alguna de las caras de los pilares de la alineación más oriental de la estructura. • Manchas de óxido en las proximidades de las barras afectadas. • No se aprecia una pérdida excesiva de sección de las armaduras afectadas de corrosión. <p>POSIBLES CAUSAS:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Deficiente ejecución de los recubrimientos por ausencia de separadores.
<p>CROQUIS DE LOCALIZACION DE LOS DAÑOS:</p>  <p style="text-align: center;">PLANTA DE LA EUAT PILAR AFECTADO</p>	
<p>POSIBLES ENSAYOS A REALIZAR:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Espesor de recubrimiento. • Pérdida de sección de armaduras. • Contenido de cloruros. 	

ELEMENTO AFECTADO: Pilar		FECHA DE INSPECCION: 12/X/05
UBICACION: Esquina de fachada lateral derecha con fachada trasera		ORIENTACION: NE-NW
DAÑO: Rotura del hormigón, manchas de oxidación y corrosión de las armaduras		
FOTOGRAFIA: 	PREDIAGNOSTICO DE LOS DAÑOS: <ul style="list-style-type: none"> • Corrosión de las armaduras transversales con caída de los recubrimientos en alguna cara del pilar. • Manchas de oxido en la superficie del hormigón en las proximidades de las barras afectadas y en los elementos metálicos procedentes del encofrado que no se retiraron. • No se aprecia una pérdida excesiva de sección de las armaduras afectadas de corrosión 	
	POSIBLES CAUSAS: <ul style="list-style-type: none"> • Deficiente ejecución de los recubrimientos por ausencia de separadores. • No eliminar los elementos metálicos de los encofrados del muro. 	
CROQUIS DE LOCALIZACION DE LOS DAÑOS:  <p style="text-align: center;">PLANTA DE LA EUAT</p>		
POSIBLES ENSAYOS A REALIZAR: <ul style="list-style-type: none"> • Espesor de recubrimiento. • Contenido de cloruros. 		


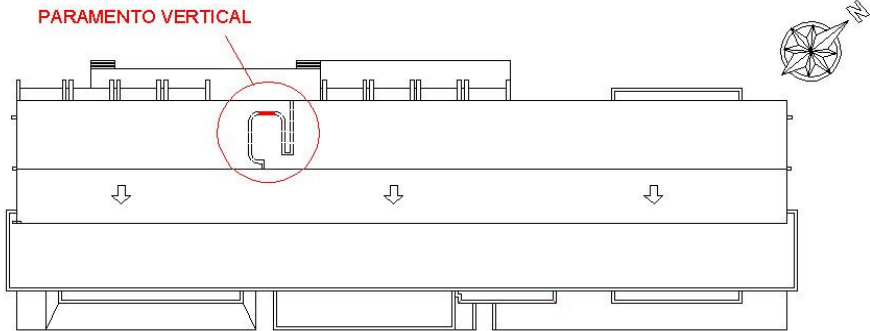
ELEMENTO AFECTADO: Forjado		FECHA DE INSPECCION: 12/X/05
UBICACION: Forjado de la fachada trasera (zona delegación alumnos)		ORIENTACION: NW
DAÑO: Humedades y carbonatación del hormigón		
FOTOGRAFIA: 	PREDIAGNOSTICO DE LOS DAÑOS: <ul style="list-style-type: none"> • Formación de eflorescencias en algunos casetones y en los bordes del forjado. • Carbonatación del hormigón en algunos casetones. La formación de sales carbonatadas ha fisurado el hormigón quedando armaduras al aire, sin protección frente a la corrosión. • No se aprecia a simple vista que las armaduras se hayan visto afectadas en gran medida. • Aparición de vegetación en un casetón, síntoma claro de la existencia de humedad. 	
	POSIBLES CAUSAS: <ul style="list-style-type: none"> • Lavado de los compuestos de calcio del hormigón. • Deficiente ejecución de los recubrimientos por ausencia de separadores. • Mal vibrado que ha provocado un hormigón poroso susceptible de ataque. 	
CROQUIS DE LOCALIZACION DE LOS DAÑOS:  <p style="text-align: center;">PLANTA DE LA EUAT</p>		
POSIBLES ENSAYOS A REALIZAR: <ul style="list-style-type: none"> • Espesor de recubrimiento. • Pérdida de sección de armaduras. • Contenido de cloruros. • Profundidad de carbonatación. 		


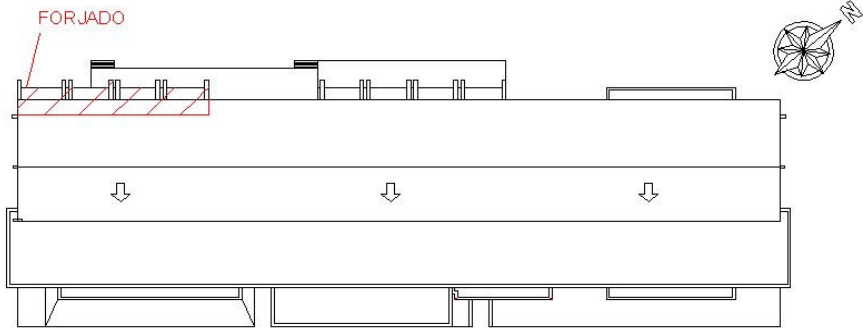
ELEMENTO AFECTADO: Pilar	FECHA DE INSPECCION: 12/X/05
UBICACION: Fachada trasera (zona entrada a laboratorios)	ORIENTACION: NW
DAÑO: Corrosión de las armaduras y caída de los recubrimientos	
<p>FOTOGRAFIA:</p> 	<p>PREDIAGNOSTICO DE LOS DAÑOS:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Corrosión de las armaduras transversales con caída de los recubrimientos en las caras del pilar. • Manchas de oxido en las proximidades de las barras afectadas. • No se aprecia una pérdida excesiva de sección de las armaduras afectadas de corrosión. <p>POSIBLES CAUSAS:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Deficiente ejecución de los recubrimientos por ausencia de separadores. • Mal vibrado que ha provocado un hormigón poco compacto.
<p>CROQUIS DE LOCALIZACION DE LOS DAÑOS:</p>  <p style="text-align: center;">PLANTA DE LA EUAT</p>	
<p>POSIBLES ENSAYOS A REALIZAR:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Espesor de recubrimiento. • Pérdida de sección de armaduras. • Contenido de cloruros. 	


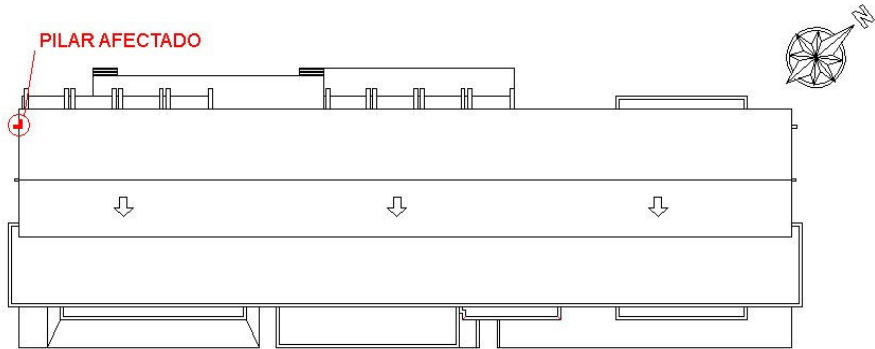
ELEMENTO AFECTADO: Paramento vertical		FECHA DE INSPECCION: 12/X/05
UBICACION: Lateral izquierdo (zona biblioteca) de la fachada trasera		ORIENTACION: NW
DAÑO: Corrosión de las armaduras y caída de los recubrimientos		
FOTOGRAFIA: 	PREDIAGNOSTICO DE LOS DAÑOS: <ul style="list-style-type: none"> • Corrosión de las armaduras longitudinales con caída de los recubrimientos en la cara del muro. • No se aprecia una pérdida excesiva de sección de las armaduras afectadas de corrosión. • Manchas de oxido en las proximidades de las barras afectadas. • Formación de vegetación en forma de musgos y similares en la parte inferior de este paramento. 	
	POSIBLES CAUSAS: <ul style="list-style-type: none"> • Deficiente ejecución de los recubrimientos por ausencia de separadores. • La vegetación es consecuencia de la evacuación directa de las aguas pluviales sobre una especie de canal. Esta solución provoca que la parte inferior del muro tenga agua constante, facilitando así la formación de organismos vivos. 	
CROQUIS DE LOCALIZACION DE LOS DAÑOS:  <p style="text-align: center;">PLANTA DE LA EUAT</p>		
POSIBLES ENSAYOS A REALIZAR: <ul style="list-style-type: none"> • Espesor de recubrimiento. • Pérdida de sección de armaduras. • Contenido de cloruros. 		

ELEMENTO AFECTADO: Paramento vertical	FECHA DE INSPECCION: 12/X/05
UBICACION: Fachada trasera	ORIENTACION: NW
DAÑO: Corrosión de las armaduras y caída de los recubrimientos	
<p>FOTOGRAFIA:</p> 	<p>PREDIAGNOSTICO DE LOS DAÑOS:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Corrosión de las armaduras longitudinales con caída de los recubrimientos en la cara del muro. • No se aprecia una pérdida excesiva de sección de las armaduras afectadas de corrosión. • Manchas de oxido en las proximidades de las barras afectadas; y oxidación de los elementos metálicos procedentes del encofrado y posterior manchado de la superficie, así como del soporte de la farola. • Depósitos de suciedad en la parte superior de los antepechos de la cubierta. <p>POSIBLES CAUSAS:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Deficiente ejecución de los recubrimientos por ausencia de separadores. • No eliminar los elementos metálicos de los encofrados del muro. • Incorrecta elección de los soportes de las farolas.
<p>CROQUIS DE LOCALIZACION DE LOS DAÑOS:</p>  <p style="text-align: center;">PLANTA DE LA EUAT</p>	
<p>POSIBLES ENSAYOS A REALIZAR:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Espesor de recubrimiento. • Pérdida de sección de armaduras. • Contenido de cloruros. 	


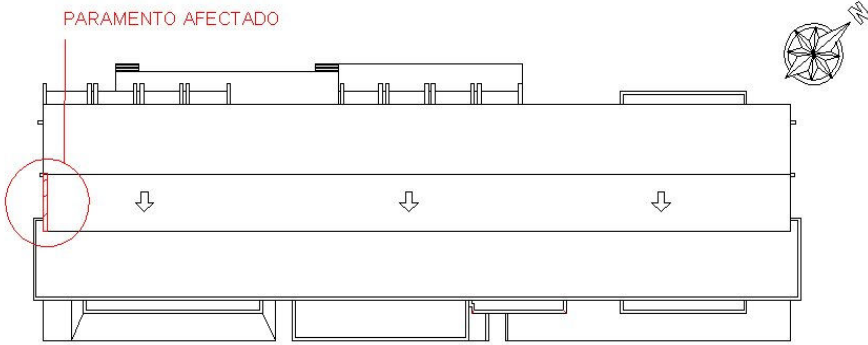
ELEMENTO AFECTADO: Paramento vertical	FECHA DE INSPECCION: 12/X/05
UBICACION: Lateral izquierdo (zona comedor) de la fachada trasera	ORIENTACION: NW
DAÑO: Corrosión de las armaduras y caída de los recubrimientos	
<p>FOTOGRAFIA:</p> 	<p>PREDIAGNOSTICO DE LOS DAÑOS:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Corrosión de las armaduras longitudinales con caída de los recubrimientos en la cara del muro. • No se aprecia una pérdida excesiva de sección de las armaduras afectadas de corrosión. • Manchas de oxido en las proximidades de las barras afectadas. • Formación de eflorescencias y depósitos de sales en el lateral del muro. <p>POSIBLES CAUSAS:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Deficiente ejecución de los recubrimientos por ausencia de separadores. • El conducto de evacuación de las aguas pluviales, que va fijado al lateral del muro, presenta fisuras que permiten la presencia constante de humedad, facilitando la aparición de eflorescencias.
<p>CROQUIS DE LOCALIZACION DE LOS DAÑOS:</p>  <p style="text-align: center;">PLANTA DE LA EUAT</p>	
<p>POSIBLES ENSAYOS A REALIZAR:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Espesor de recubrimiento. • Pérdida de sección de armaduras. • Contenido de cloruros. 	


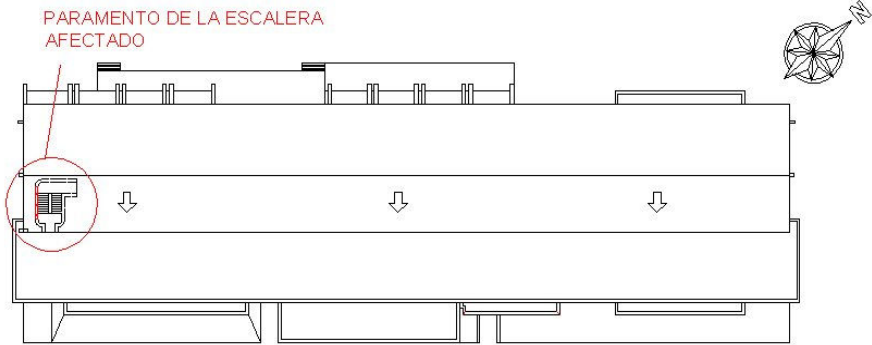
ELEMENTO AFECTADO: Paramento vertical	FECHA DE INSPECCION: 12/X/05
UBICACION: Zona de la escalera (vivienda conserje) de la fachada trasera	ORIENTACION: NW
DAÑO: Caída de los recubrimientos	
FOTOGRAFIA: 	PREDIAGNOSTICO DE LOS DAÑOS: <ul style="list-style-type: none"> • Caída de los recubrimientos en la cara del muro. • No se aprecia a simple vista que las armaduras estén afectadas de corrosión, pero lo más normal es que lo estén bajo los recubrimientos. POSIBLES CAUSAS: <ul style="list-style-type: none"> • Deficiente ejecución de los recubrimientos por ausencia de separadores. • Corrosión de las armaduras bajo los recubrimientos que provoquen un exceso de tensión que los haga saltar.
CROQUIS DE LOCALIZACION DE LOS DAÑOS:  <p style="text-align: center;">PLANTA DE LA EUAT</p>	
POSIBLES ENSAYOS A REALIZAR: <ul style="list-style-type: none"> • Espesor de recubrimiento. • Pérdida de sección de armaduras. • Contenido de cloruros. 	

ELEMENTO AFECTADO: Forjado		FECHA DE INSPECCION: 12/X/05
UBICACION: Forjado (vivienda del conserje) de la fachada trasera		ORIENTACION: NW
DAÑO: Corrosión de las armaduras		
FOTOGRAFIA: 	PREDIAGNOSTICO DE LOS DAÑOS: <ul style="list-style-type: none">• Corrosión de las armaduras que quedan vistas bajo los casetones.• No se aprecia una pérdida excesiva de sección de las armaduras afectadas de corrosión.	
	POSIBLES CAUSAS: <ul style="list-style-type: none">• Deficiente ejecución de los recubrimientos por ausencia de separadores.	
CROQUIS DE LOCALIZACION DE LOS DAÑOS:  <p style="text-align: center;">PLANTA DE LA EUAT</p>		
POSIBLES ENSAYOS A REALIZAR: <ul style="list-style-type: none">• Espesor de recubrimiento.• Pérdida de sección de armaduras.• Contenido de cloruros.		

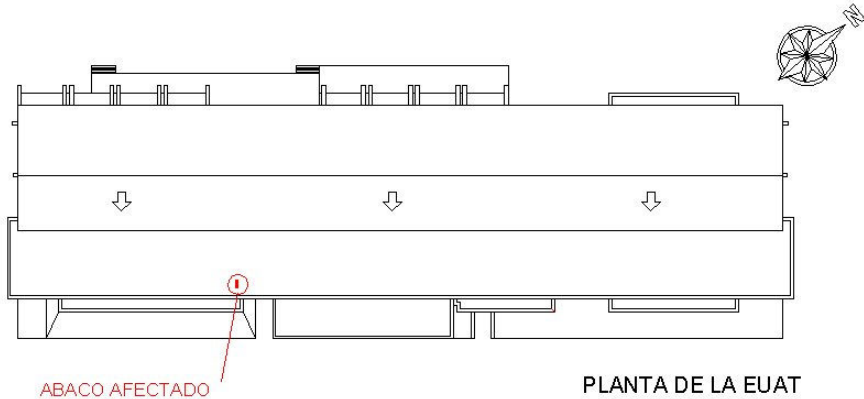
ELEMENTO AFECTADO: Pilar		FECHA DE INSPECCION: 12/X/05
UBICACION: Esquina de fachada trasera con fachada lateral izquierda		ORIENTACION: NW-SW
DAÑO: Corrosión de las armaduras y caída de recubrimientos		
FOTOGRAFIA: 	PREDIAGNOSTICO DE LOS DAÑOS: <ul style="list-style-type: none"> • Corrosión de las armaduras transversales y longitudinales con caída de los recubrimientos, principalmente en la cara más al norte del pilar por estar siempre a la sombra. • Se aprecia una pérdida de sección de las armaduras afectadas de corrosión. • Roturas y desconchados en la zona de los recubrimientos de los cercos en casi toda la longitud del pilar. 	
	POSIBLES CAUSAS: <ul style="list-style-type: none"> • Deficiente ejecución de los recubrimientos por ausencia de separadores. • Deficiente compactación que ha provocado un hormigón poroso y poco resistente, incapaz de soportar el aumento de tensiones que provoca la corrosión de las armaduras. 	
CROQUIS DE LOCALIZACION DE LOS DAÑOS:  <p style="text-align: center;">PLANTA DE LA EUAT</p>		
POSIBLES ENSAYOS A REALIZAR: <ul style="list-style-type: none"> • Espesor de recubrimiento. • Pérdida de sección de armaduras. • Contenido de cloruros. 		

ELEMENTO AFECTADO: Pilares y paramento vertical	FECHA DE INSPECCION: 12/X/05
UBICACION: Fachada lateral izquierda	ORIENTACION: SW
DAÑO: Corrosión de las armaduras y caída de recubrimientos	
FOTOGRAFIA: 	PREDIAGNOSTICO DE LOS DAÑOS: <ul style="list-style-type: none"> • Corrosión de las armaduras transversales de los pilares de la fachada y de las longitudinales del muro, con caída de los recubrimientos. • Se aprecia una pérdida evidente de sección de las armaduras afectadas de corrosión. • Roturas y desconchados en la zona de los recubrimientos de los cercos en casi toda la longitud del pilar. • Manchas de oxido en las proximidades de las barras afectadas. POSIBLES CAUSAS: <ul style="list-style-type: none"> • Deficiente ejecución de los recubrimientos por ausencia de separadores. • Deficiente compactación que ha provocado un hormigón poroso y poco resistente, incapaz de soportar el aumento de tensiones que provoca la corrosión de las armaduras.
CROQUIS DE LOCALIZACION DE LOS DAÑOS:  <p style="text-align: center;">PLANTA DE LA EUAT</p>	
POSIBLES ENSAYOS A REALIZAR: <ul style="list-style-type: none"> • Espesor de recubrimiento. • Pérdida de sección de armaduras. • Contenido de cloruros. 	

ELEMENTO AFECTADO: Viga		FECHA DE INSPECCION: 12/X/05
UBICACION: Fachada lateral izquierda		ORIENTACION: SW
DAÑO: Corrosión de las armaduras y caída de recubrimientos		
FOTOGRAFIA: 	PREDIAGNOSTICO DE LOS DAÑOS: <ul style="list-style-type: none"> • Corrosión de la mayor parte de los cercos de la viga, con caída de los recubrimientos. • Manchas de oxido en las proximidades de las barras afectadas. 	
	POSIBLES CAUSAS: <ul style="list-style-type: none"> • Deficiente ejecución de los recubrimientos por ausencia de separadores. 	
CROQUIS DE LOCALIZACION DE LOS DAÑOS:  <p style="text-align: center;">PLANTA DE LA EUAT</p>		
POSIBLES ENSAYOS A REALIZAR: <ul style="list-style-type: none"> • Espesor de recubrimiento. • Pérdida de sección de armaduras. • Contenido de cloruros. 		

ELEMENTO AFECTADO: Paramento vertical		FECHA DE INSPECCION: 12/X/05
UBICACION: Escalera de la fachada lateral izquierda		ORIENTACION: SW
DAÑO: Corrosión de las armaduras y caída de recubrimientos		
FOTOGRAFIA: 	PREDIAGNOSTICO DE LOS DAÑOS: <ul style="list-style-type: none"> • Corrosión de las armaduras longitudinales y transversales del muro, con caída de los recubrimientos. • Se aprecia una pequeña pérdida de sección de las armaduras afectadas de corrosión. 	
	POSIBLES CAUSAS: <ul style="list-style-type: none"> • Deficiente ejecución de los recubrimientos por ausencia de separadores. 	
CROQUIS DE LOCALIZACION DE LOS DAÑOS:  <p style="text-align: center;">PLANTA DE LA EUAT</p>		
POSIBLES ENSAYOS A REALIZAR: <ul style="list-style-type: none"> • Espesor de recubrimiento. • Pérdida de sección de armaduras. • Contenido de cloruros. 		

ELEMENTO AFECTADO: Forjado interior	FECHA DE INSPECCION: 13/X/05
UBICACION: Forjado interior del aula de dibujo II	ORIENTACION: SE-SW
DAÑO: Humedades y carbonatación del hormigón	
<p>FOTOGRAFIA:</p> 	<p>PREDIAGNOSTICO DE LOS DAÑOS:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Filtración de agua a través de la masa de material o de sus juntas. • Formación de eflorescencias en algunos casetones y en zonas macizas del forjado. • Carbonatación del hormigón en algunos casetones. La formación de sales carbonatadas ha fisurado el hormigón disminuyendo la protección de las armaduras frente a la corrosión. • No se aprecia a simple vista que las armaduras se hayan visto afectadas en gran medida. <p>POSIBLES CAUSAS:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Incorrecta impermeabilización de la cubierta transitable que soportan. • Grietas o fisuras en el material. • Mal vibrado que ha provocado un hormigón poroso susceptible de ataque.
<p>CROQUIS DE LOCALIZACION DE LOS DAÑOS:</p>  <p style="text-align: center;"> FORJADO INTERIOR AULA DIBUJO II PLANTA DE LA EUAT </p>	
<p>POSIBLES ENSAYOS A REALIZAR:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Profundidad de carbonatación. 	

ELEMENTO AFECTADO: Forjado y pilar interior	FECHA DE INSPECCION: 13/X/05
UBICACION: Ábaco interior del aula de dibujo II	ORIENTACION: SE
DAÑO: Carbonatación del hormigón	
FOTOGRAFIA: 	PREDIAGNOSTICO DE LOS DAÑOS: <ul style="list-style-type: none"> • Carbonatación del hormigón en el ábaco. La formación de sales carbonatadas ha fisurado el hormigón, y posiblemente haya reducido la protección de las armaduras frente a la corrosión. • No se aprecia a simple vista que las armaduras se hayan visto afectadas en gran medida. POSIBLES CAUSAS: <ul style="list-style-type: none"> • Incorrecta impermeabilización de la cubierta transitable que soportan. • Mal vibrado que ha provocado un hormigón poroso susceptible de ataque. • Grietas o fisuras en el material.
CROQUIS DE LOCALIZACION DE LOS DAÑOS:  <p style="text-align: center;">ABACO AFECTADO PLANTA DE LA EUAT</p>	
POSIBLES ENSAYOS A REALIZAR: <ul style="list-style-type: none"> • Profundidad de carbonatación. • Pérdida de sección de las armaduras. • Espesor de recubrimiento. 	

3. ANALISIS DEL PROBLEMA

Una vez realizada la inspección visual se observa una sintomatología muy definida que se puede dividir en dos manifestaciones:

- **Corrosión de las armaduras con caída de los recubrimientos:**

A lo largo de toda la estructura se ha podido observar que independientemente de la posición y orientación de la fachada en la que se encuentren existen elementos estructurales afectados de corrosión. En la mayoría de los casos se ha producido la rotura de los recubrimientos debido al aumento de tensiones que ha tenido que soportar el hormigón. A simple vista los recubrimientos son escasos, síntoma evidente de que en la ejecución de la estructura no se hizo ningún hincapié en el empleo de separadores. Respecto a la posible pérdida de sección de acero en las armaduras cabe indicar que la gran mayoría de las armaduras que han quedado al aire si han perdido algo de sección, pero no lo suficiente para eliminar las corrugas de las barras. En las armaduras que no están al aire, porque permanecen cubiertas por los recubrimientos, no se ha podido comprobar a simple vista si estas sufren corrosión puesto que los recubrimientos permanecen intactos.

- **Formación de sales (carbonatadas o no carbonatadas) por lixiviación:**

Tanto en los forjados interiores (aula de dibujo II) como en los exteriores (forjados volados de los departamentos o delegación) se observa la formación de numerosas manchas de humedad en diferentes lugares. En los forjados del interior del edificio la causa principal puede estar posiblemente en una incorrecta impermeabilización de las cubiertas planas que soportan, además de que el hormigón no sea todo lo compacto y homogéneo que debiera. Por su parte los forjados del exterior, que no tienen que soportar este tipo de cubiertas, no presentan tantos daños pero por el contrario se ven afectados por la presencia de la humedad procedente de los jardines que tienen debajo. Estos forjados situados en el exterior presentan multitud de manchas de humedad y la formación de sales expansivas, que incluso han llegado a provocar la rotura de los recubrimientos en algunas zonas permitiendo la corrosión de las armaduras.

El forjado más perjudicado es el del aula de dibujo II ya que en el se aprecian dichas sales en multitud de casetones, y en otros se ha llegado a la carbonatación del hormigón con la formación de estalactitas que provocan un goteo constante sobre pavimentos, ventanales, etc. También se pueden ver varios casetones ya fisurados dejando las armaduras al aire en algunos casos.

Otras manifestaciones que también se observan en menor medida o de menor gravedad, son:

- **Manchas de oxidación en la superficie del hormigón:**

Estas manchas son debidas a la corrosión de algunos de los armados de las diferentes piezas, al error constructivo de no despejar totalmente todos los elementos metálicos empleados durante el encofrado de la estructura o a la oxidación de los soportes de las farolas fijadas a la estructura.

- **Fisuración del forjado inclinado del aula Magna:**

En principio no reviste peligro como lo demuestra el testigo de escayola que esta sobre la fisura, que después de varios años permanece intacto. La causa posible puede ser la escasa armadura del hormigón que ha provocado que este haya roto a tracción.

4. CONCLUSIONES

De acuerdo con la información recogida en la inspección y con su análisis se pueden establecer las siguientes conclusiones con el objetivo de delimitar el problema, pero sin una rotundidad clara hasta que no se realicen los ensayos pertinentes en la estructura:

- La profundidad de carbonatación, el contenido de cloruros del hormigón, así como el escaso recubrimiento de las barras, hacen pensar que son los factores causantes que, aislada o conjuntamente, han provocado los daños en el hormigón y que puedan estar comenzando la despasivación de las armaduras afectadas. También la localización de la estructura en un ambiente muy agresivo, dentro del radio próximo a la costa, provoca que exista una elevada humedad en el ambiente favoreciendo la velocidad de corrosión de las armaduras.
- Las armaduras afectadas presentan un aspecto de corrosión generalizada, pero no se observa una pérdida de sección elevada. No son de temer problemas de resistencia estructural con un grado de corrosión como el del momento de la inspección, y más teniendo en cuenta lo sobredimensionado de la estructura. Al no haberse producido agrietamientos del hormigón es muy posible que todavía el valor de la tensión de adherencia no haya sufrido descensos significativos respecto del inicial. Sin embargo si el ataque progresa, el hormigón se agrietará y se puede ver afectada la adherencia y el anclaje de la armadura con lo que la intervención en la estructura tendrá mayor urgencia.
- Respecto a las zonas dañadas del forjado del aula de dibujo II, las causas de la carbonatación de los casetones ha sido principalmente el posible mal estado de la impermeabilización de la cubierta plana que descansa sobre el forjado, acompañado por la ejecución de un hormigón poroso y sin apenas recubrimiento. Es probable que la instrucción de estructuras de hormigón que se empleó en el proyecto original (año 1974) no marcara ningún tipo de medidas para evitar la carbonatación del hormigón que envuelve la armadura. En cuanto a los nervios del forjado solo aparecen dañadas pequeñas zonas, aun cuando este tipo de geometría estructural no es la más idónea para este tipo de ataque ya que presenta una gran superficie de exposición a los agentes agresivos al tener tres caras con una distancia muy pequeña entre dos de ellas (efecto de esquina). De todos modos la pérdida de sección en la mayoría de los casos se puede considerar insignificante, no existiendo peligro por la pérdida de capacidad mecánica de la estructura.

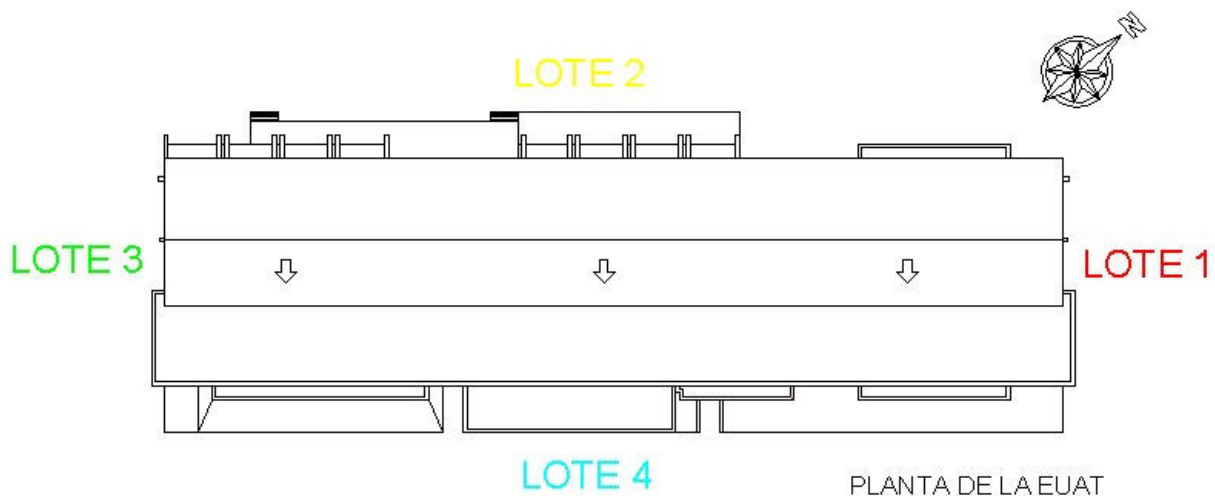
5. PLAN DE TRABAJO

Delimitar y definir con la mayor exactitud la situación exacta del hormigón de la estructura requiere la realización de un plan de trabajo, con la ejecución de una batería de ensayos:

- Para determinar la resistencia del hormigón “in situ” se realizarán la extracción de probetas testigo de las piezas seleccionadas, combinando este ensayo con la realización de dos métodos no destructivos: la determinación del índice de rebote con el esclerómetro Schmidt y la determinación de la velocidad de propagación de impulsos ultrasónicos en la masa del hormigón. Estos ensayos no destructivos por si solos y de forma individual son capaces de proporcionarnos una información globalizada sobre la calidad del hormigón de una estructura en términos de carácter uniformidad y homogeneidad, pero para cuantificar un parámetro como la resistencia deben ser combinados con los ensayos destructivos para eliminar el riesgo de cometer errores de consideración. Para el análisis se dividirá la estructura por lotes, uno por fachada, quedando de esta forma cuatro lotes. En cada lote cuanto más testigos se extraigan mayor será la precision y la fiabilidad a la hora de estimar la resistencia a compresión del hormigón; en este informe, debido a sus limitaciones no se realizará ninguna extracción pero si quedará reflejado cual es la dinámica del ensayo.
- Para determinar el grado de carbonatación de la estructura se analizará la profundidad de carbonatación en el hormigón de las probetas extraídas. De igual manera que en el caso de las resistencias para tener resultados fiables seria preciso analizar varios testigos por cada lote, pero debido a la imposibilidad de extraer testigos se explicará la metodología del ensayo.

La división de la estructura por lotes es la siguiente:

- LOTE 1: Fachada lateral derecha.
- LOTE 2: Fachada trasera o posterior.
- LOTE 3: Fachada lateral izquierda.
- LOTE 4: Fachada principal.



ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS: DETERMINACION DEL INDICE DE REBOTE

NORMATIVA: UNE 83307:86 Ensayos de hormigón. Determinación del índice de rebote

PROCEDIMIENTO DEL ENSAYO:

1. Selección de la zona de ensayo.

- Se ensayarán elementos de hormigón con un espesor mínimo de 100 mm, y que estén solidariamente fijos a la estructura.
- Se evitarán las zonas que presenten coqueras, exfoliaciones, textura rugosa o alta porosidad.
- En la selección de la zona de ensayo se tendrán en cuenta factores como: resistencia del hormigón, tipo de superficie, tipo de hormigón, humedad de la superficie, carbonatación, movimiento del hormigón bajo el ensayo, dirección de ensayo, etc.
- El área de ensayo será una cuadrícula de 50 cm. x 50 cm. dividida en 25 cuadros, de manera que se obtienen 25 valores por cada elemento. La distancia entre dos puntos de impacto no será nunca inferior a 25 mm. entre ellos, ni a 25 mm. del borde de la pieza.

2. Preparación preliminar.

- Las superficies texturadas en exceso, con presencia de polvo o con pérdida de mortero, se alisarán usando la piedra abrasiva, hasta que presenten un aspecto liso. Las superficies obtenidas con encofrados lisos o alisadas pueden ensayarse sin pulido.
- Se eliminará cualquier presencia de agua sobre la superficie del hormigón.

3. Operaciones.

- Se realizará el tarado del esclerómetro con el yunque de tarado.
- Se comprobará unas tres veces que el esclerómetro funciona correctamente antes de tomar lecturas.
- Para la toma de medidas se sujetará firmemente el esclerómetro en una posición que permita transmitir al vástago un impacto perpendicular a la superficie de ensayo. Esta presión ha de ser gradualmente incrementada hasta que se produzca el impacto del esclerómetro. Después del impacto, se anota el valor del índice de rebote.
- Se han de tomar como mínimo 9 lecturas con el fin de disponer de una estimación fiable del índice de rebote de la zona de ensayo.
- Se examina cada huella efectuada en la superficie después del choque y si el impacto aplasta o rompe huecos próximos a la superficie, el resultado obtenido será desestimado.

4. Resultados.

- El resultado se tomara como la mediana de todas las lecturas corregidas, si es necesario, teniendo en cuenta la orientación del esclerómetro de acuerdo con las instrucciones del fabricante y expresado como un número entero.
- Si más del 20% de todas las lecturas difieren de la mediana en más de seis unidades, se descartarán la totalidad de las lecturas.

FOTOGRAFIAS DEL PROCESO:



El uso del esclerómetro puede ser de gran utilidad al permitir una completa información de forma rápida y económica, pero siempre teniendo en cuenta los factores que influyen o pueden influir en el índice esclerométrico.



Los diversos factores capaces de alterar los resultados pueden ser las partículas de grava cercanas a la superficie, el ensayar en piezas en estado húmedo o en edades jóvenes, o la carbonatación del hormigón en una capa de suficiente espesor puede ser interpretada por el aparato como una resistencia alta.



Una vez aplicado el esclerómetro sobre la superficie del hormigón se produce el rechazo o rebote y se procede a la lectura del índice esclerométrico.

RESULTADOS:

LOTE 1				
ELEMENTO: PILAR			ORIENTACION: NE	FACHADA: LATERAL DERECHA
ESCLEROMETRO: SCHMIDT			FECHA: 27/X/05	
VALORES DE LA CUADRICULA:				
42	36	40	43	39
50	40	42	48	36
40	38	48	50	41
40	36	38	42	41
42	34	39	44	40
			MEDIANA (m): 40	
COMPROBACION DE VALIDEZ DEL ENSAYO:				
(a) N° VALORES > m+6: 4				
(b) N° VALORES < m+6: 0				
a+b= 4	(a+b)x100/25=16%	<20%= SI		

LOTE 2				
ELEMENTO: PILAR			ORIENTACION: NW	FACHADA: TRASERA
ESCLEROMETRO: SCHMIDT			FECHA: 27/X/05	
VALORES DE LA CUADRICULA:				
37	44	38	43	42
41	37	42	34	38
38	39	38	36	40
41	44	36	40	38
38	36	40	38	42
			MEDIANA (m): 38	
COMPROBACION DE VALIDEZ DEL ENSAYO:				
(a) N° VALORES > m+6: 0				
(b) N° VALORES < m+6: 0				
a+b= 0	(a+b)x100/25= 0%	<20%= SI		

LOTE 3				
ELEMENTO: PILAR			ORIENTACION:	FACHADA: LATERAL IZQUIERDA
ESCLEROMETRO: SCHMIDT			FECHA: 27/X/05	
VALORES DE LA CUADRICULA:				
28	34	30	36	40
26	34	34	38	44
32	32	34	36	34
35	38	42	35	36
30	30	38	38	42
			MEDIANA (m): 35	
COMPROBACION DE VALIDEZ DEL ENSAYO:				
(a) N° VALORES > m+6: 3				
(b) N° VALORES < m+6: 2				
a+b=5	(a+b)x100/25=20%	<20%= SI		

RESULTADOS:

LOTE 4				
ELEMENTO: PILAR			ORIENTACION: SE	FACHADA: PRINCIPAL
ESCLEROMETRO: SCHMIDT			FECHA: 27/X/05	
VALORES DE LA CUADRICULA:				
36	36	37	50	46
38	35	44	32	45
38	37	44	48	45
42	42	38	47	46
38	40	42	43	46
			MEDIANA (m): 42	
COMPROBACION DE VALIDEZ DEL ENSAYO:				
(a) N° VALORES > m+6: 1				
(b) N° VALORES < m+6: 3				
a+b= 4	(a+b)x100/25= 16%		<20%= SI	

• **Análisis de los resultados:**

Los valores de los índices de rebote de cada lote se podrían comparar en las curvas que el fabricante del esclerómetro aporta. Estas curvas relacionan la resistencia a compresión del hormigón con el índice esclerométrico, teniendo en cuenta una serie de factores como edad del hormigón, tipo y tamaño de árido, etc. Pero los valores extraídos de las tablas se dan con unos márgenes demasiado amplios, que en numerosos casos no aportan información lo suficientemente precisa para poder tomar decisiones con una mínima lógica y garantía. Por tanto estos valores deberían ser combinados con los obtenidos de la rotura de las probetas extraídas en los lotes correspondientes para poder establecer gráficas que permitan correlacionar ambos valores y hacerlos extensibles a todo el lote, estando así en condiciones de estimar la resistencia a compresión con una fiabilidad más que aceptable.

ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS: ULTRASONIDOS

NORMATIVA: UNE 83308:86 Ensayos de hormigón. Determinación de la velocidad de propagación de los impulsos ultrasónicos

PROCEDIMIENTO DEL ENSAYO:

Fundamento del método.

- El ensayo consiste en colocar un palpador electro-acústico en contacto con la superficie del hormigón bajo ensayo, produciendo impulsos de vibraciones longitudinales. Después de atravesar la masa del hormigón los impulsos se convierten en una señal eléctrica, por medio de un segundo palpador y un circuito eléctrico mide el tiempo de propagación de los impulsos.

1. Puesta a cero del equipo.

- La puesta a cero se realizará enfrentando el palpador emisor con el receptor. Esta operación se realizará siempre que se utilice el aparato.

2. Colocación de los palpadores.

- Posición de transmisión directa: Colocar los palpadores en caras opuestas es la opción más recomendable ya que la energía de los impulsos se dirige hacia el palpador receptor, obteniéndose la máxima sensibilidad.
- Posición de transmisión superficial: en la misma cara. Es la menos sensible y en general suele aplicarse para la determinación de la profundidad de grietas o para determinar la calidad de un hormigón en su capa superficial, pero teniendo en cuenta que las características de una capa pueden no ser representativas de las del resto del hormigón.
- Posición de transmisión semidirecta: en caras adyacentes. Es de menor sensibilidad y deberá utilizarse cuando no pueda aplicarse la transmisión directa.

3. Acoplamiento de los palpadores.

- Para garantizar el contacto entre el palpador y la superficie del hormigón, generalmente rugosa, se recurre a la colocación de un medio de acoplamiento como la vaselina, grasa, jabón líquido, etc.
- La aplicación de este producto no debe ser excesiva, y antes de realizar ninguna medida se realizarán, igual que en la puesta a cero del equipo, repetidas lecturas hasta tener el valor mínimo.

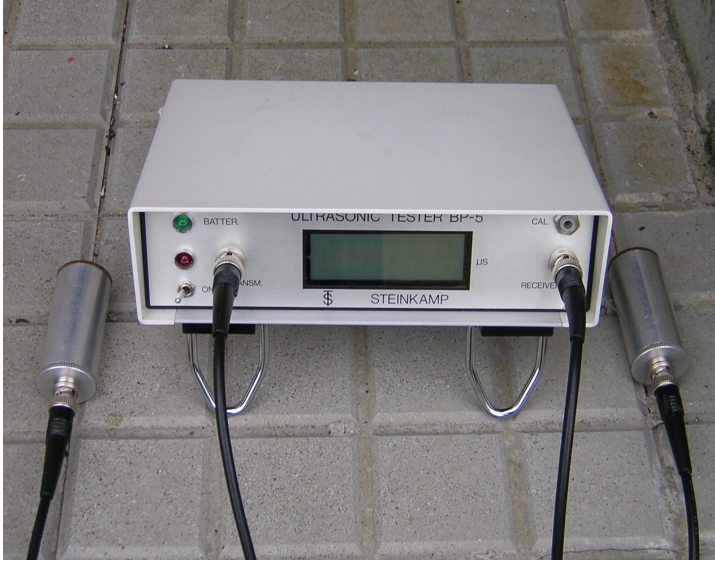
4. Medida de la longitud del camino recorrido.

- La medida de la longitud se realizara con una exactitud de al menos el 1%. Si por diversos motivos resulte imposible tomar la medida, se tomara la dimensión nominal y tolerancia indicados en el proyecto, indicando este hecho en el informe. Cuando la dimensión de los palpadores puedan dificultar la medida de la longitud se pueden realizar varias medidas a diferentes distancias con el emisor en un punto fijo y el receptor en varios puntos de una misma línea.

5. Resultados.

- La velocidad de propagación de los impulsos ultrasónicos es la longitud del camino recorrido, dividida del tiempo de propagación expresada en m/s.
- Se tendrán todos aquellos factores que puedan alterar la velocidad de propagación como el contenido de humedad, la temperatura, el efecto de las armaduras o presencia de zonas carbonatadas.

FOTOGRAFÍAS DEL PROCESO:



El aparato consta de un generador de impulsos eléctricos, dos palpadores, un amplificador y un circuito electrónico de medida del tiempo. La frecuencia natural de los palpadores estará entre 15 y 250 KHz.



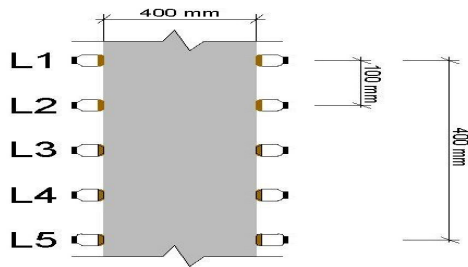
La superficie de ensayo deberá ser lo más lisa posible para facilitar un buen contacto entre el palpador y la superficie ensayada, siendo preferibles aquellas zonas que hayan sido encofradas. Si las superficies son muy rugosas se aumentarán las longitudes de recorrido, o se tratarán con piedra abrasiva o rellenando con un mínimo espesor de yeso, epoxi, etc. hasta conseguir una superficie plana.



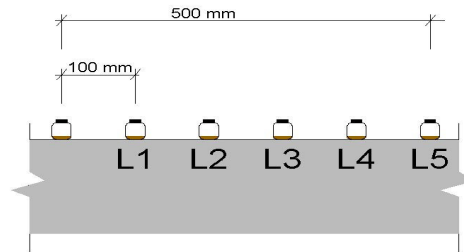
Una vez colocados los palpadores sobre la superficie del hormigón a ensayar se lleva a cabo la lectura. Es recomendable un pequeño tiempo dejando pasar las primeras cuatro o cinco lecturas hasta que el marcador asienta y de la lectura correcta.

RESULTADOS:

En cada lote se han realizado 5 lecturas directas en cinco posiciones diferentes (en planos paralelos) distanciadas 10 cm., y 5 lecturas superficiales colocando el emisor en una posición fija y alejando sucesivamente el receptor 10 cm. por lectura. Los resultados son los siguientes:



LECTURA DIRECTA



LECTURA SUPERFICIAL

LOTE 1				
ELEMENTO: PILAR		ORIENTACION: NE		FACHADA: LATERAL DCHA.
ULTRASONIDOS: STEINKAMP BP-5		FECHA: 27/X/05		TEMPERATURA: 15-18°C
POSICION: DIRECTA			POSICION: SUPERFICIAL	
LONGITUD DE RECORRIDO: 400 mm.			LONGITUD DE RECORRIDO: 500 mm.	
LECTURA	TIEMPO (ns)	VEL. (m/s)	LECTURA	TIEMPO (ns)
L1	110,3	3630	L1	74
L2	117,1	3416	L2	116
L3	111,4	3591	L3	143,8
L4	112,0	3571	L4	198,8
L5	113,1	3537	L5	233,6
VELOCIDAD		3549 m/s	VELOCIDAD	3133 m/s

LOTE 2				
ELEMENTO: PILAR		ORIENTACION: NW		FACHADA: TRASERA
ULTRASONIDOS: STEINKAMP BP-5		FECHA: 27/X/05		TEMPERATURA: 15-18°C
POSICION: DIRECTA			POSICION: SUPERFICIAL	
LONGITUD DE RECORRIDO: 400 mm.			LONGITUD DE RECORRIDO: 500 mm.	
LECTURA	TIEMPO (ns)	VEL. (m/s)	LECTURA	TIEMPO (ns)
L1	136	2941	L1	77,5
L2	107,8	3710	L2	91
L3	102,6	3899	L3	150,9
L4	99,6	4016	L4	196,4
L5	100,6	3976	L5	242
VELOCIDAD		3708 m/s	VELOCIDAD	3040 m/s

RESULTADOS:

LOTE 3				
ELEMENTO: PILAR		ORIENTACION: SW		FACHADA: LATERAL IZQDA.
ULTRASONIDOS: STEINKAMP BP-5		FECHA: 27/X/05		TEMPERATURA: 15-18°C
POSICION: DIRECTA			POSICION: SUPERFICIAL	
LONGITUD DE RECORRIDO: 400 mm.			LONGITUD DE RECORRIDO: 500 mm.	
LECTURA	TIEMPO (ns)	VEL. (m/s)	LECTURA	TIEMPO (ns)
L1	139,4	2869	L1	69,5
L2	139,7	2863	L2	99,3
L3	138,3	2899	L3	153,7
L4	140,1	2855	L4	198,2
L5	141,0	2837	L5	235,9
VELOCIDAD		2865 m/s	VELOCIDAD	3005 m/s

LOTE 4				
ELEMENTO: PILAR		ORIENTACION: SE		FACHADA: PRINCIPAL
ULTRASONIDOS: STEINKAMP BP-5		FECHA: 27/X/05		TEMPERATURA: 15-18°C
POSICION: DIRECTA			POSICION: SUPERFICIAL	
LONGITUD DE RECORRIDO: 400 mm.			LONGITUD DE RECORRIDO: 500 mm.	
LECTURA	TIEMPO (ns)	VEL. (m/s)	LECTURA	TIEMPO (ns)
L1	106,5	3756	L1	73,2
L2	107,1	3735	L2	94,7
L3	105,2	3802	L3	143
L4	103,8	3854	L4	200,1
L5	106,0	3774	L5	259,9
VELOCIDAD		3784 m/s	VELOCIDAD	2678 m/s

Los valores aquí obtenidos por si solos no nos permitirán predecir de forma fiable la resistencia a compresión del hormigón, debiéndose usar en combinación con otros ensayos como el esclerómetro y sobre todo con la extracción de probetas testigo y su posterior rotura a compresión. Pero aunque no podamos definir de manera exacta el valor numérico de la resistencia a compresión, con el analisis de las lecturas directas seremos capaces de valorar la resistencia del hormigón dependiendo de los valores de velocidad obtenidos; mientras que con el estudio de las lecturas superficiales podremos estimar el espesor de la capa de hormigón de inferior calidad.

RESULTADOS:

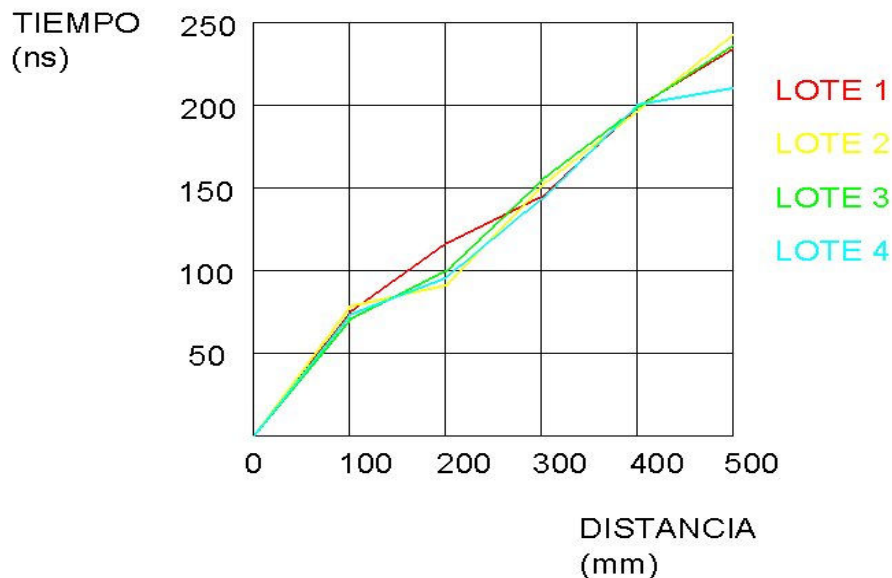
• **Análisis de las lecturas directas:**

De la experiencia del empleo del método de ultrasonidos se ha podido establecer una clasificación aproximada del hormigón según su resistencia. Si bien no establece de manera cuantitativa la resistencia a compresión del hormigón si nos permite hacernos una idea del tipo de hormigón que estamos analizando. La clasificación es la siguiente:

VELOCIDADES	RESISTENCIAS
< 2500 m/s	Hormigón dañado o atacado
2500 a 3200 m/s	Hormigón con resistencias bajas
3200 a 3700 m/s	Hormigón con resistencias medias
3700 a 4200 m/s	Hormigón con resistencias altas
4200 a 4600 m/s	Hormigón con resistencias muy altas

Según esta tabla y las lecturas que hemos tomado podemos afirmar que los lotes 1, 2 y 4 presentan unas resistencias medias-altas; sin embargo el lote 3 presenta una resistencia mucho más baja en relación con el resto de lotes. Teniendo en cuenta que todos los pilares se analizaron a la misma altura, sería preciso esperar al estudio de las probetas testigo para poder afirmar si este descenso de la resistencia en el lote 3 se puede generalizar a todos los elementos de la fachada, o por el contrario se debe a la simple coincidencia de haber tomado la lectura en una zona afectada por coqueas o poco homogénea.

• **Análisis de las lecturas superficiales:**



Los resultados obtenidos de las lecturas superficiales permiten elaborar una gráfica, que relaciona el tiempo recorrido con la distancia entre palpadores. Los resultados de un hormigón homogéneo deberían dar una recta de pendiente constante y ninguno de los lotes cumple esa condición, síntoma evidente de que la capa superficial del hormigón es de inferior calidad.

ENSAYOS DESTRUCTIVOS: EXTRACCION Y ROTURA DE PROBETAS TESTIGO

NORMATIVA: UNE-EN 12504-1:2000 Ensayos de hormigón de hormigón en estructuras. Parte 1: Testigos. Extracción, examen y ensayo a compresión.

PROCEDIMIENTO DEL ENSAYO:

1. Forma y dimensiones de las probetas.

- Las probetas de hormigón más empleadas son cilíndricas variando sus dimensiones entre 50, 75, 100, 120 y 150 mm; siendo las más habituales las de 75 y 100 mm. También se pueden extraer probetas prismáticas para determinar la resistencia a flexotracción del hormigón.
- Relación altura-diámetro o esbeltez de los testigos. Las probetas se han de extraer de una longitud suficiente para que una vez cortadas y refrentadas mantengan una relación entre la altura y el diámetro igual a 2. Para los casos en que esta condición no se pueda cumplir (Ej.: losas) se aceptan valores comprendidos entre 1 y 2, y se establece una serie de coeficientes que permiten corregir la esbeltez.

2. Zona de extracción de los testigos.

- Los testigos extraídos deben ser representativos del hormigón del elemento estructural, por lo que los puntos de extracción se eligen de forma aleatoria. Cuando se trata de una estructura dañada que presenta diferentes niveles de daños conviene sacar testigos de los diferentes elementos debido a que las características del hormigón de cada uno de ellos pueden ser muy diferentes.
- En elementos verticales como pilares, muros, pantallas, etc. se recomienda la extracción en el tercio central de los mismos, o por debajo de los 30 cm. superiores.
- Los puntos de extracción no deben estar situados nunca en zonas de gran concentración de armadura ni en zonas donde se produzca un debilitamiento importante del hormigón.
- A fin de no cortar barras de armado es conveniente detectar estas previamente a la extracción por medio de un detector magnético. De todas formas si se ha cortado no invalida el resultado ya que en la mayoría de los casos y en función de su posición respecto a la probeta, se puede considerar como la incidencia que ocasionaría un árido y por tanto no altera de manera significativa el resultado del ensayo. Solo en el caso de que la barra este sensiblemente ortogonal a las caras de presión de la probeta será preciso desestimarla.

3. Relleno de taladros.

- Se debe rellenar el orificio que deja el taladro en el elemento estructural con un material lo suficientemente resistente y que se adapte correctamente. Lo habitual es la aplicar a las superficies internas del taladro una resina epoxi para luego introducir un hormigón de resistencia ligeramente superior cuando el adhesivo esta fresco todavía.

4. Rotura de testigos.

- Se realizará con una prensa a compresión, previo pulido o refrentado de las caras superior e inferior de la probeta para eliminar cualquier impureza que pueda alterar el resultado del ensayo.
- Los resultados de los ensayos indicaran las dimensiones y aspecto de los testigos, los factores de corrección (por esbeltez, por edad, por deterioro), la humedad superficial, así como la dirección de la fuerza con relación a la de compactación del hormigón de la estructura.

FOTOGRAFÍAS DEL PROCESO:



Para la extracción de las probetas se emplean sondas rotativas de diamante.



Las probetas extraídas pueden ser de diferentes diámetros en función de la broca que se emplee.



El refrentado de las probetas resulta imprescindible para evitar las posibles irregularidades de las caras superficiales.



Con la rotura de las probetas en la prensa podremos conocer la resistencia a compresión, expresada en Mpa o N/mm².

ENSAYOS DESTRUCTIVOS: PROFUNDIDAD DE CARBONATACION

NORMATIVA: UNE 112011:94 Determinación de la profundidad de carbonatación en hormigones endurecidos y puestos en servicio

PROCEDIMIENTO DEL ENSAYO:

Fundamento del método.

- El ensayo consiste en la medida de la reducción de la alcalinidad que supone la carbonatación, mediante un indicador de pH que la hace visible por cambios de coloración.

1. Materiales.

- Se empleará como indicador una solución de fenolftaleína al 1 por 100, disuelta en alcohol etílico al 70%. La fenolftaleína toma un color rojo-púrpura para valores de pH superiores a 9,5 (hormigón no carbonatado) y se vuelve incolora en valores inferiores a 8 (hormigón carbonatado). Para valores entre 8 y 9,5 toma tonalidades entre rosa y rojo-púrpura.

2. Toma y preparación de la muestra.

- La medida se realizará sobre porciones tomadas directamente del elemento objeto de estudio (Ej.: probeta extraída), nunca sobre polvo extraído del mismo y siempre inmediatamente después de la toma de muestra.
- Las porciones extraídas no precisan una geometría particular, y se ensayarán en seco sobre una superficie limpia de partículas sueltas.

3. Aplicación del indicador.

- Se puede aplicar con pulverizador, mediante goteo, o cualquier otro procedimiento que permita extender una capa relativamente fina y uniforme sobre la superficie en cuestión.
- No se aplicará en exceso ni sobre superficies mojadas.
- Cuando no se aprecie coloración o esta sea muy débil, se repetirá el ensayo una vez que la superficie haya secado tras la primera aplicación, protegiendo en lo posible la muestra del contacto con el aire durante este tiempo.

4. Medida de la profundidad de carbonatación.

- Las medidas deben realizarse tras el mismo tiempo de espera. Con carácter general, se recomienda que las medidas se realicen de 15 a 30 minutos después de aplicar el indicador.
- Se realizará la medida preferentemente en las zonas donde exista árido de pequeño tamaño y no es recomendable en las esquinas de los elementos de hormigón porque los ácidos atmosféricos han podido penetrar en las dos caras.

FOTOGRAFÍAS DEL PROCESO:



La aplicación de la fenolftaleína sobre la probeta de hormigón permite determinar de manera muy sencilla el espesor del hormigón que se encuentra afectado por la carbonatación. En la imagen se observa un trozo de una probeta extraída de un forjado de hormigón; la zona coloreada es la zona sin carbonatar, mientras que la zona incolora es la carbonatada. Podemos observar que la carbonatación afecta a ambas caras del forjado, quedando solamente una pequeña franja intermedia sin carbonatar.

Otros ejemplos:



6. PROPUESTA DE REPARACION

Con los resultados obtenidos de los ensayos podemos plantear una propuesta de reparación que permita recuperar las armaduras corroídas, elimine los riesgos de la carbonatación y mantenga protegido el conjunto de manera eficaz. La reparación aquí propuesta se dividirá en dos partes bien distintas; por un lado se definirán dos métodos de reparación de la estructura: el tradicional, y una alternativa basada en unas pastillas con un metal de sacrificio. Mientras, por el otro lado se planteará la reimpermeabilización de la cubierta para eliminar todos los problemas que provocan en el forjado sobre los que descansa.

REPARACION DE LA ESTRUCTURA

1. Preparación de la superficie de la estructura.

Objetivo: La clave de una buena reparación o protección del hormigón exige la preparación de las superficies a tratar. Esta fase no se debe infravalorar ya que la mayor parte de los fallos que se producen en las reparaciones se deben a la ausencia de la misma o a que no se realiza adecuadamente. Esta operación se divide en:

- Saneado de la superficie: es la eliminación de las partes sueltas o mal adheridas hasta conseguir un soporte sano, duro y resistente. El espesor de la capa a eliminar dependerá de la porosidad del mismo y del grado de carbonatación, y podrá extenderse hasta la parte posterior de las barras para que el material de reparación envuelva enteramente las barras.
- Limpieza: es la eliminación de toda la suciedad y polvo del hormigón; y del acero todo el óxido y sustancias extrañas.

Metodología propuesta:

- Para el saneado de la superficie son válidos tanto los métodos manuales, picado con puntero, como los mecánicos basados en el uso de martillos neumáticos o eléctricos.
- Para la limpieza superficial del hormigón se empleará el chorro de arena debido a su gran eficacia y rapidez.

2. Pasivación de las armaduras.

Objetivo: Para la total rehabilitación de las armaduras expuestas y que en estas se impida la futura corrosión de la armadura a la vez que se mejora la adherencia con el hormigón se procede al pasivado, que se divide en las siguientes operaciones:

- Eliminación de las partes sueltas: se efectuará una eliminación exhaustiva de los posibles restos de material cementoso y de óxido no eliminados con el sistema de chorro de arena o de agua. De quedar restos adheridos la reparación no tendría éxito puesto que el proceso corrosivo proseguiría adelante. En el caso de que la corrosión haya disminuido la sección de acero del orden de un 20% se cortarán los trozos de barra debilitadas y se soldaran o ataran trozos sanos de armadura.
- Pasivado de las armaduras: consiste en la aplicación sobre la armadura de acero, de una capa de una lechada que impida la futura corrosión de la armadura.

Metodología propuesta: Para el pasivado de las armaduras existen fabricantes que ofrecen productos a base de cemento y resinas epoxi que dan unos resultados óptimos y son de fácil elaboración y aplicación.

Uno de estos productos es el Top 110 Armatec Epocem de SIKA, que consiste en un producto a base de cemento y resinas epoxi modificadas, de tres componentes, para la protección de las armaduras del hormigón frente a la corrosión y como capa de adherencia. Su aplicación como revestimiento anticorrosión es la siguiente:

1. Se aplicará sobre la armadura limpia y decapada de óxido en una mano de 1 mm de espesor aproximadamente empleando una brocha de pelo duro, rodillo o pistola.
2. Tras dejar secar durante al menos 2-3 horas se aplicará la segunda capa de igual espesor.

3. Regeneración del hormigón.

Objetivo: Esta etapa consiste en la aplicación de un mortero que devuelva el recubrimiento y la geometría original del hormigón. Es importante que el mortero aplicado garantice la adherencia entre el hormigón viejo y el nuevo, y que tenga una retracción baja, así como una buena protección de la carbonatación y con capacidad de difusión del vapor.

Metodología propuesta: Se propone el empleo del mortero Sikadur 41, que consiste en un mortero tixotrópico de tres componentes a base de resinas epoxi y cargas. Este producto se emplea a menudo en la reparación de estructuras de hormigón y su aplicación se divide:

1. Aplicación mediante brocha de una imprimación para asegurar la adherencia entre el hormigón viejo y el nuevo, se puede recurrir al Sikafloor 156.
2. Colocación del mortero Sikadur 41 con paleta ó espátula mientras la imprimación está fresca en un plazo máximo de 1 hora. No se colocarán de una sola vez capas mayores de 5 ó 6 cm.

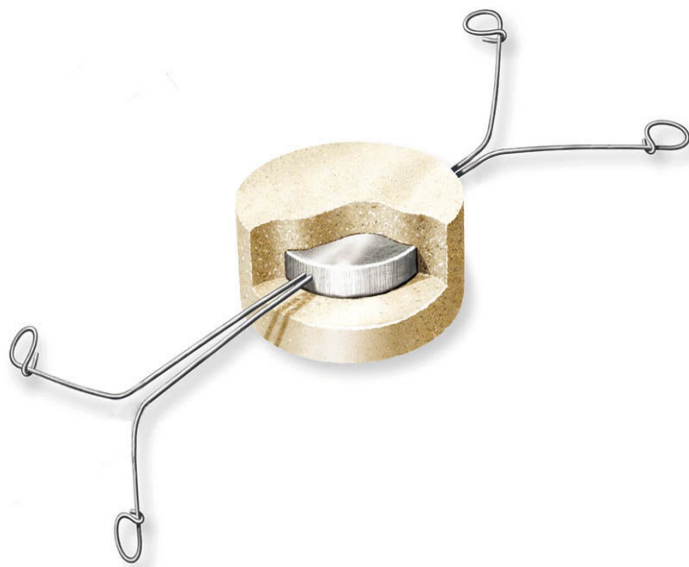
4. Protección superficial.

Objetivo: Consiste en la aplicación sobre toda la superficie del hormigón, de una fina capa de (2-3 mm) de mortero, para igualar, dar impermeabilidad ante los ataques externos como los cloruros o el dióxido de carbono, y tapar los poros.

Metodología propuesta: De los diferentes sistemas que existen, lo más conveniente sea recurrir al uso de una barrera de mortero epoxídico ya que el empleo de métodos más evolucionados como la realcalinización electroquímica, los inhibidores superficiales, etc son más costosos y de menor efectividad. El mortero propuesto es el Sikaguard 720 Epocem, que consiste en un mortero tixotrópico de granulometría muy fina a base de cemento y resinas epoxi modificadas. Este producto es muy útil para la ejecución de capas de revestimiento de superficies de hormigón de hasta 3 mm. Su aplicación es muy sencilla y se realiza con llana o espátula.

ALTERNATIVA A LA REPARACION TRADICIONAL DE LA ESTRUCTURA: SISTEMA GALVASHIELD XP

Objetivo: Una alternativa a la metodología tradicional de reparación de estructuras dañadas por corrosión es el empleo de sistemas basados en la protección electroquímica, único mecanismo capaz de controlar la corrosión metálica. Dicha protección puede ser producto de la formación de un par galvánico entre las armaduras y un metal más propenso a corrosión como es el zinc, que se consumirá formando una solución acuosa que no generará fuerzas expansivas en el hormigón. El sistema Galvashield XP, de Fosroc, consiste en una aleación de zinc embebido en un mortero especialmente formulado, que se fija a la armadura con alambres, permitiendo que el zinc se corroa, evitando la despasivación de las armaduras.



El empleo de las pastillas de zinc presenta grandes ventajas:

- Protección frente a cloruros residuales.
- Previene la corrosión.
- Extiende el tiempo de vida de la reparación.
- Actuación medible.
- Fácil y rápida instalación.
- Extiende ciclos de mantenimiento.

Metodología: Para el empleo de las pastillas de zinc Galvashield XP se debe seguir la siguiente metodología:

1. Preparación de la superficie de la estructura.

El hormigón deberá ser retirado de la zona afectada alrededor de la armadura de acuerdo a la buena práctica en la reparación del hormigón. Todas las armaduras expuestas deberán ser limpiadas hasta retirar todo signo de corrosión. Se recomienda realizar un cepillado abrasivo.

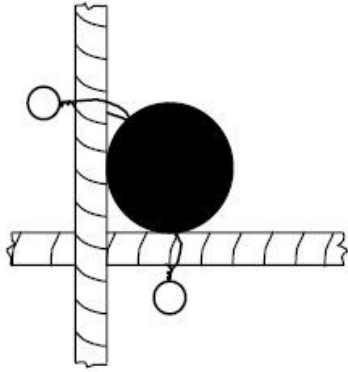
2. Aplicación.

Se colocarán las pastillas de zinc inmediatamente después de la preparación y limpieza de la armadura, su localización estará tan cerca como sea posible del borde del corte de la zona a reparar. Generalmente las unidades Galvashield XP se posicionarán como máximo a 750 mm del borde de la reparación, aunque la configuración exacta dependerá de la configuración del acero y de la geometría de la reparación. El número de unidades de pastillas empleadas y la distancia entre ellas dependerá del área superficial de acero por m² de hormigón, de manera orientativa el fabricante da los siguientes valores:

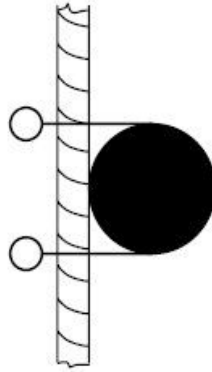
Área superficial de acero (mm ² · 10 ⁻³) por m ² de hormigón	Radio de acción (mm)	Distanciamiento máximo entre unidades (mm)
<200	710	1065
201 - 400	500	750
401 - 600	410	650
601 - 800	350	525
801 - 1000	320	480
1001 - 1200	290	430
1201 - 1400	270	400
1401 - 1600	250	380
1601 - 1800	240	350
1801 - 2000	220	340
>2001	Usar ánodos discretos Ebonex	

Tabla 2. Distanciamiento máximo entre unidades y su radio de acción.

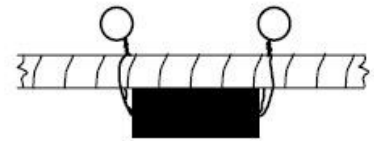
Las unidades de Galvashield XP deberán sujetarse a la armadura usando alambres de fijación para asegurar contacto con el material de reparación en todo su alrededor, de modo que no sea posible ningún movimiento, a la vez que se asegura una buena conductividad eléctrica. Para comprobar la continuidad eléctrica entre alambres de fijado y barra de armadura deberá utilizarse un medidor de continuidad.



Instalación típica en intersección



Instalación típica lateral a la barra



Instalación típica detrás de la barra

3. Imprimación de la armadura.

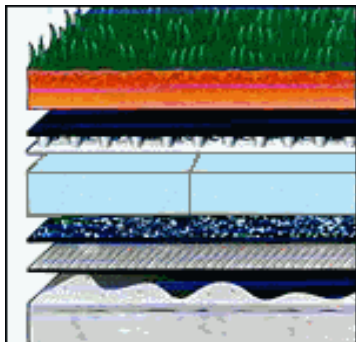
La armadura de acero debe imprimirse con una capa continua de Nitoprime Zincrich de espesor mínimo 135 micras (fresco), inmediatamente después de la colocación del Galvashield XP y evitando su aplicación sobre las unidades y alambres de conexión. El recubrimiento de las pastillas deberá ser igual que el de la armadura a la que se une.

4. Reparación del hormigón.

Galvashield XP deberá ser usado en conjunción con la extensa gama de morteros de reparación y agentes acrílicos de curado compatibles de Fosroc Euco (fabricante de Galvashield). Debe evitarse el pintado de los alambres de fijación o imprimir la armadura en la superficie de la pastilla. Además de la preparación standard del sustrato, las pastillas estarán completamente saturadas de agua antes de la aplicación del mortero de reparación. que nunca podrá ser de naturaleza epoxídica ni de poliéster.

REIMPERMEABILIZACION DE LA CUBIERTA

Debido al estado de deterioro en el que se encuentra la cubierta plana que descansa sobre el forjado reticular del aula de dibujo II, y debido a las consecuencias que provoca en forma de humedades, formación de sales y carbonatación de los casetones y nervios; se opta por proponer una reimpermeabilización total de la cubierta. La solución elegida es una cubierta plana transitable ajardinada, que estará formada por:



- una imprimación preparadora de la superficie.
- una membrana impermeabilizante.
- una capa de aislamiento térmico.
- una capa drenante.
- el acabado de tierra vegetal.

Para la correcta ejecución se recurre al empleo de los sistemas del fabricante Texsa SA que propone el empleo de los siguientes materiales:

1. Imprimación.

EMUFAL I. Se trata de una emulsión asfáltica de base acuosa para imprimación y preparación de superficies, idóneo para imprimir y preparar las superficies que vayan a impermeabilizarse con el fin de mejorar la adherencia de la lámina bituminosa con el soporte, incluso en superficies ligeramente húmedas. Para su aplicación el soporte deberá estar limpio de polvo, materiales sueltos o mal adheridos, residuos grasos o antiadherentes y cualquier suciedad en general, así como convenientemente regular. El producto se aplica en frío, sin diluir, mediante brocha, rodillo o cepillo de pintor, previa agitación antes de usarlo.

2. Membrana impermeabilizante.

MORTERPLAS FPV 4 Kg MINERAL. Se trata de una lámina impermeabilizante autoprotectida, de betún plastomérico APP, de elevado punto de reblandecimiento, con armadura de fieltro de poliéster (FP) reforzado y estabilizado, con acabado mineral en la cara exterior y un film termofusible en la inferior. Se aplica totalmente adherida al soporte, que debe presentar una superficie seca, firme, regular, limpia y libre de materiales sueltos, y los solapes se realizan a fuego, con una anchura mínima de 8 cm.

3. Aislamiento térmico.

ROOFMATE SL. Se trata de una plancha rígida de espuma de poliestireno extruído con estructura de célula cerrada, ideal para el aislamiento térmico de cubiertas planas invertidas. Se colocan encajadas unas con otras sobre la impermeabilización, cubriéndolas con un geotextil.

4. Capa drenante.

DRENTEX JARDIN. Se trata de un sistema drenante para cubiertas ajardinadas, compuesto de una membrana de nódulos de poliestireno perforado y dos cubiertas de geotextil de polipropileno a ambos lados, que permiten el paso del agua. Se coloca extendiéndolo sobre la impermeabilización, de modo que el hueco de los nódulos de la membrana de poliestireno quede hacia arriba. Sirve de referencia el espesor del geotextil de la parte inferior, que es mayor que el de la parte superior. Se solapa unos 5 cm., y se tapa con el propio geotextil, que ya está despegado en los extremos.

5. Tierra vegetal.

Capa de tierra vegetal, de 20 cm. de espesor, con sustratos orgánicos de bajo peso realizada con compost, humus y escoria volcánica, para recibir plantaciones de tipo extensivo regenerables tales como césped, arbustos y cultivos florales resistentes a la sequía.

BIBLIOGRAFIA

- “Estimación de la resistencia de hormigones endurecidos en estructuras mediante la utilización conjunta del esclerómetro y probetas testigo”. Guillermo Allanegui y José Luis Recuenco
- “Corrosión de armaduras en estructuras de hormigón armado: causas y procedimientos de rehabilitación”. Alfonso Cobo Escamilla
- “Patología en la edificación: el lenguaje de las grietas”. Francisco Serrano Alcudia
- “Tecnología y terapéutica del hormigón armado (parte 1)”. Ismael Sirvent Casanova
- www.reycons.com
- www.sika.com
- www.fosroc.com
- www.texsa.com